VOLUME 2

GESTÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL E MINERAÇÃO

ORGANIZADORES

LUCIANO JOSÉ VIEIRA FRANCO

JUSSARA FERNANDES LEITE

Editora Poisson

Luciano José Vieira Franco
Jussara Fernandes Leite
(Organizadores)

Gestão da Manutenção Industrial e Mineração Volume 2

1ª Edição

Belo Horizonte
Editora Poisson
2023

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
Ms. Davilson Eduardo Adrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
Msc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G393
Gestão da Manutenção Industrial e Mineração - Volume 2/ Organização Luciano José Vieira Franco; Jussara Fernandes Leite – Belo Horizonte MG: Poisson, 2023

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-267-9
DOI: 10.36229/978-65-5866-267-9

Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Gestão 2. Manutenção. I. FRANCO, Luciano José Vieira II. LEITE, Jussara Fernandes III. Título.

CDD-658

Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

Organizadores

Luciano José Vieira Franco

Mestre em Educação e Sociedade pela Universidade Presidente Antônio Carlos (2008). Graduado em Engenharia de Operação Mecânica pela Universidade Federal de São João Del-Rei (1978), graduado em engenharia Civil pela Escola de Engenharia Kennedy (1981). Pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela FUMEC/FUNDACENTRO (1980), Pós-graduado em Engenharia Econômica pela Fundação Don Cabral (1986), Pós-graduado em Higiene Ocupacional pela Faculdade de Ciências Medicas BH (2000). Atualmente é coordenador do Curso de Pós Graduação de Gestão da Manutenção Industrial e Mineração, coordenador e professor dos cursos de Engenharia de Segurança do Trabalho e Engenharia Mecânica da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete, Coordenador e professor do curso de Engenharia de Produção da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Barão de Cocais e consultor e prestador de serviços de empresas da área de mineração, transporte e indústria.

Jussara Fernandes Leite

Mestre em Administração pela Faculdade de Pedro Leopoldo, Bacharel em Administração de Empresa pela Faculdade de Administração de Curvelo, Licenciada em Matemática pelo Centro Universitário Claretiano de Batatais e Bacharel Engenharia de Produção pela Faculdade Presidente Antônio Carlos de Barão de Cocais. Atualmente, é Coordenadora do Curso de Engenharia de Produção, Professora dos Cursos de Engenharia de Produção, Engenharia Mecânica e Administração, Professora do Curso de Pós Graduação de Gestão da Manutenção Industrial e Mineração da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete (MG) e Professora do Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Barão de Cocais. Tem experiência profissional de 12 anos em empresas da área de reflorestamento e carvão vegetal, e de mineração; e possui mais de 17 anos de experiência na área de educação.

Agradecimento

A criação de uma obra é trabalho grandioso, que elaboramos a partir da contribuição de diversos autores que fazem a ciência. Cada pesquisa científica apresentada nos capítulos são fruto de trabalhos de docentes e discentes do Curso de Pós-Graduação da Gestão Industrial e Mineração da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete.

Desta forma, os agradecimentos são para todos os envolvidos direta e indiretamente na elaboração desta obra.

Agradecemos aos discentes Felipe Augusto Rodrigues Lage e Silva, Sérgio Everton Reis Holanda, Gustavo Luiz Xavier, Humbert Barbosa de Carvalho, Matheus Freire Santos, Erivelton do Carmo Santos Vasconcelos, Emerson Júnior Pimenta Nazaré e Lucas Matias Rodrigues Vasconcelos que dedicam para fazer a Ciência e como resultado melhorar os processos organizacionais da área de gestão da manutenção dentro das empresas, onde exercem suas atividades profissionais.

Agradecemos aos professores Edilberto Souza Silva, Heleno Alves Barbosa, José Dimas de Arruda, José Sebastião dos Reis Silva, Jussara Fernandes Leite, Nilo Antunes Ferreira, Luciano José Vieira Franco e Mayara Rezende Carvalho que orientaram e trabalharam junto com os discentes para a efetivação da Ciência.

Agradeço, eu, Professora Jussara Fernandes Leite, ao Professor Luciano José Vieira Franco pela parceria para com o desenvolvimento desta obra.

Sem o empenho de vocês esta obra não teria sido efetivada.

Jussara Fernandes Leite

Luciano José Vieira Franco

Prefácio

A evolução da sociedade ocorre por meio da ciência, que é desenvolvida na maioria dos casos dentro das organizações. Empresas que se unem as instituições de ensino para a realização da ciência.

Os resultados da ciência são novas tecnologias, produtos, solução de problemas organizacionais e da própria sociedade. Eles repercutem em melhores condições de trabalho, na melhoria da qualidade dos processos e dos produtos, e na mudança de vida das pessoas. Assim, ocorrer a mudança dos métodos de trabalho, do comportamento das pessoas e do estilo de vida. Tudo voltado para melhorar a qualidade de vida das pessoas dentro e fora das empresas.

A Ciência é feita por meio da busca, da aplicação e do desenvolvimento do conhecimento, que são adquiridos por cientistas. Cientistas esses que no nosso caso são docentes e discentes que empenharam e aplicaram a ciência para melhorar os processos organizacionais de indústrias e minerações na área de gestão da manutenção.

Nesse contexto, alunos e professores do Curso de Pós-Graduação de Gestão da Manutenção Industrial e Mineração da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete desenvolveram a Ciência a fim de garantir a sustentabilidade de indústrias e minerações no mercado. Suas pesquisas científicas tiveram como resultados a melhorias nos processos de gestão da manutenção de diversas empresas.

Em vista disso, os autores desta obra são os protagonistas da melhoria dos processos organizacionais, que impacta diretamente nos resultados dos negócios. Assim, as organizações sobrevivem, geram empregos e satisfazem as necessidades de uma sociedade.

E assim ocorre a Ciência. Fato é que “só existe evolução se houver o desenvolvimento da Ciência”.

Jussara Fernandes Leite
Luciano José Vieira Franco

Apresentação

Esta obra é constituída de pesquisa científicas desenvolvidas por discentes e docentes do curso de Pós-Graduação da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete. Desta forma, cada capítulo apresenta resultados de um estudo que foi realizado para melhoria dos processos organizacionais da área de gestão da manutenção.

O primeiro capítulo traz o trabalho titulado de Equipamento de Manuseio e Transporte de cargas: uma proposta de redimensionamento de uma talha elétrica. Este estudo apresenta uma proposta de redimensionamento de uma ponte rolante utilizada para transporte de carga pesadas.

O aumento da disponibilidade de uma ponte rolante através do redimensionamento de motores elétricos é a pesquisa apresentada no Capítulo dois. Nesse estudo, foi abordado uma ponte rolante que realiza o levantamento e transporte de uma panela com aço líquido do setor de aciaria de uma siderurgia.

Com o propósito de aumentar o comprimento das placas visando uma maior utilização da área útil de aquecimento do forno de uma laminação de uma siderurgia para obter ganhos no consumo e produção, a pesquisa apresentada no capítulo 3 foi desenvolvida. Essa pesquisa foi denominada Aumento da Eficiência do Forno de Reaquecimento com a Avaliação do Dimensionamento de Placas.

No capítulo 4, a pesquisa científica Aumento da Disponibilidade da Sinterização Reduzindo Falhas nos Conjuntos de Roda do Carro Resfriado é apresentada. Nessa pesquisa, a abordagem é realizar um estudo e apresentar meios para reduzir o número de paradas não programadas causadas por falhas nos conjuntos de roda

A Eficiência da Manutenção X Nível de Conhecimento dos Técnicos dos Colaboradores em Uma Aciaria de Usina Siderúrgica é o título da pesquisa que constitui o capítulo 5. O foco desse estudo foi melhorar o nível de conhecimento dos técnicos mecânicos buscando maior eficiência e produtividade das entregas da manutenção, observando se o meio onde eles estão inseridos oferecem condições suficientes para a desenvolvimento profissional.

A confiabilidade de sistemas é o tema abordado na pesquisa do capítulo 6. Este estudo foi denominado Análise da Ruptura de Parte de Um Cone de Injeção Finos de Carvão: um estudo de caso para o aumento da confiabilidade de um alto forno. O objetivo

dessa pesquisa é identificar as causas que provocam ruptura de parte do cone de injeção de fino de carvão no interior de um Alto-forno siderúrgico.

O Capítulo 7 apresenta a pesquisa Tratamento de Falhas do Travamento do Redutor de Bombas d'águas de Caminhão Pipa. Esse trabalho apresenta uma análise técnica das possíveis causas da parada de funcionamento da bomba d'água de um caminhão pipa, que atua em uma mineração de minério de ferro.

Por fim, a Redução de Custos com Inspeção e Manutenção em Rodeiros de Vagões Ferroviários: um estudo de caso nos rolamentos de rodeiros ferroviários é a pesquisa apresentada no Capítulo 8. A abordagem da pesquisa é a diminuição de custos de manutenção e de ocorrências de falhas em rodeiros de vagões ferroviário.

SUMÁRIO

Capítulo 1: Equipamento de manuseio e transporte de cargas: Uma proposta de redimensionamento de uma talha elétrica 11

Felipe Augusto Rodrigues Lage e Silva, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Edilberto da Silva Souza, Heleno Alves Barbosa

DOI: 10.36229/978-65-5866-267-9.CAP.01

Capítulo 2: Aumento da disponibilidade de uma ponte rolante através do redimensionamento de motores elétricos 26

Sérgio Ewerton Reis Holanda, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Heleno Alves Barbosa, Nilo Antunes Ferreira

DOI: 10.36229/978-65-5866-267-9.CAP.02

Capítulo 3: Aumento da eficiência do forno de reaquecimento com a avaliação do dimensionamento de placas 39

Gustavo Luiz Xavier, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Edilberto da Silva Souza, Heleno Alves Barbosa

DOI: 10.36229/978-65-5866-267-9.CAP.03

Capítulo 4: Aumento da disponibilidade da sinterização reduzindo falhas no conjuntos de roda do carro resfriador 54

Humbert Barbosa de Carvalho, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Heleno Alves Barbosa, Edilberto da Silva Souza

DOI: 10.36229/978-65-5866-267-9.CAP.04

Capítulo 5: Eficiência da manutenção X Nível de conhecimento dos técnicos dos colaboradores em uma Aciaria de usina siderúrgica 68

Matheus Freire Santos, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Edilberto da Silva Souza, Nilo Antunes Ferreira

DOI: 10.36229/978-65-5866-267-9.CAP.05

Capítulo 6: Análise da ruptura de parte de um cone de injeção finos de carvão: Um estudo de caso para o aumento da confiabilidade de um alto forno 80

Erivelton do Carmo Santos Vasconcelos, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Heleno Alves Barbosa, Nilo Antunes Ferreira

DOI: 10.36229/978-65-5866-267-9.CAP.06

SUMÁRIO

Capítulo 7: Tratamento de falhas do travamento do redutor de bombas d'águas de caminhão pipa..... 90

Emerson Júnior Pimenta Nazaré, José Sebastião dos Reis Silva, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Edilberto da Silva Souza, Nilo Antunes Ferreira

DOI: 10.36229/978-65-5866-267-9.CAP.07

Capítulo 8: Redução de custo com inspeção e manutenção em rodeiros de vagões ferroviários: Um estudo de casos nos rolamentos de rodeiros ferroviários..... 104

Lucas Matias Rodrigues Vasconcelos, José Dimas de Arruda, Mayara Rezende Carvalho, Luciano José Vieira Franco , Jussara Fernandes Leite

DOI: 10.36229/978-65-5866-267-9.CAP.08

Capítulo 9: Planejamento e Controle da manutenção – Um estudo de caso para reduzir o número de manutenções corretiva em uma frota de veículos..... 115

Maxwell Ramalho de Souza, Jussara Fernandes Leite, Luciano José Vieira Franco, Edilberto da Silva Souza, Nilo Antunes Ferreira

DOI: 10.36229/978-65-5866-267-9.CAP.09

Autores – Discentes & Docentes 128

CAPÍTULO

01

Equipamento de manuseio e transporte de cargas: Uma Proposta de Redimensionamento de uma talha elétrica

Felipe Augusto Rodrigues Lage e Silva, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Edilberto da Silva Souza, Heleno Alves Barbosa

1. INTRODUÇÃO

A Engenharia Mecânica contempla vários estudos em máquinas e equipamentos de diversos tipos e portes. Um desses estudos é o de máquinas de elevação e transportes. Nos dias atuais, a Engenharia Mecânica se mostra como aspecto desafiador para os estudantes e até mesmo para os profissionais já atuantes em empresas que trabalham com pontes rolantes, que é o foco desta pesquisa.

Compreende-se que há necessidade de movimentação de cargas nos mais diferentes segmentos tais como o setor da mineração, o industrial, o portuário e também o setor comércio. Dessa maneira, também aumenta em igual proporção o crescimento econômico que passa a demandar equipamentos específicos para a movimentação de cargas, exigindo conhecimento e experiência na aplicação deles na engenharia.

Considerando os equipamentos de movimentação de carga presentes no mercado e que são amplamente utilizados nas empresas modernas, esses apresentam uma gama de possibilidades construtivas em razão da diversidade de suas aplicações. Dessa maneira, este estudo não aborda todos os tipos de equipamentos, mas se dedica apenas ao dimensionamento de uma ponte rolante com base em um estudo de caso.

É importante observar que as atividades industriais de transformação e produção revelam uma dependência direta com os mecanismos de transporte de cargas, seja no processo produtivo, seja fora dele, isto é, com a chegada da matéria-prima ou da distribuição dos bens produzidos. Tais mecanismos de transporte devem ser escolhidos e dimensionados de acordo com as necessidades da atividade e realidade da empresa/indústria em questão, considerando as limitações físicas. Moura e Banzato (1998) reforçam que, para uma disposição adequada de máquinas no processo e circulação de pessoas, é necessário levar em consideração a posição dos equipamentos de manuseio de cargas em um plano acima do plano de circulação de materiais e pessoas.

São frequentemente citados na literatura técnica, quatro tipos principais de equipamentos classificados como METs (elementos mecânicos e estruturais), sendo: pontes rolantes mono vigas; pontes rolantes com dupla viga (bi-viga); pórticos rolantes e semi-pórticos rolantes. Destaca-se que este estudo se volta a apresentar apenas o estudo de caso de uma ponte rolante com dupla viga.

Para tanto, são apresentados em síntese, à aplicabilidade dos conceitos de engenharia mecânica com relação aos equipamentos que estão mais presentes nas indústrias e empresas modernas. Assim como descreve Santos (2003), o crescimento,

avanço e aumento da produtividade das empresas traz consigo a necessidade de se utilizar processos automatizados que contemplem a alta tecnologia no projeto das pontes rolantes.

Tamasauskas (2000) considera que é imprescindível conhecer os métodos de dimensionamento e projeto de componentes, assim como também se busca associar à utilização das normas e critérios de cálculos definidos pelas normas de maior destaque para as máquinas de elevação e transportes. Com a realização do estudo de caso, busca-se compreender, na prática, os principais conceitos de resistência dos materiais, desenho técnico, elementos de máquinas e de demais aspectos que impactem na obtenção dos melhores resultados na especificação, projeto e construção dos equipamentos de manejo de cargas.

Na empresa objeto do estudo de caso, foi adquirida uma ponte rolante, de origem chinesa composta por duas vigas, que suportam a talha, troles de deslocamento. Embora a descrição técnica indique que a capacidade de elevação chega a 5 TON, com distância entre rodas de 10 metros, a ponte tem apresentado diferentes falhas. Com relação ao desenvolvimento do projeto para deslocamento de carga, Soares (2011) destaca que o mesmo deve considerar diferentes variáveis, que mudam conforme a necessidade da empresa/indústria e aplicação da referida ponte rolante.

Diante do exposto a pesquisa tem como objetivo, apresentar uma proposta de redimensionamento de uma ponte rolante considerando os modelos matemáticos pertinentes e a configuração da mesma.

2. APLICAÇÃO DE PONTES ROLANTES: EVOLUÇÃO, CONCEITOS E VARIÁVEIS PARA O DIMENSIONAMENTO E UTILIZAÇÃO.

As atividades inerentes a um processo produtivo estão vinculadas a um transporte de cargas, seja de forma contínua ou descontínua. Quando se busca uma redução de custos, um dos fatores importantes é o encurtamento das distâncias percorridas tanto pela matéria-prima, quanto pelo produto final processado (DOBROVOLSK, 2004).

Alvarez (2007) comenta que o *layout* de um processo está vinculado à quantidade produzida. Portanto, quando se inicia um estudo de implantação ou uma modificação no *layout*, deve-se levar em consideração os dispositivos e equipamentos de manuseio e transporte de cargas, tanto contínuos quanto descontínuos.

Uma proposta de classificação dos equipamentos de manuseio de carga pode ser, segundo Dobrovolsk (2004):

1)Equipamentos de manuseio contínuo:

- transportadores de "correia";
- transportadores de "caneca";
- transportadores que utilizam "fusos"; e etc.

Silva (2014) relaciona que os equipamentos aqui mencionados se caracterizam por transporte de materiais a granel.

2)Equipamentos de manuseio descontínuo, segundo Gieck (2002):

- sistemas standard de levantamento (talhas);
- monovias;
- equipamento com levantamento de carga e giro
- pontes rolantes mono vigas;
- pontes rolantes com dupla viga (carro apoiado);
- pórticos rolantes;
- semi-pórticos rolantes;
- guindastes e etc.

Segundo Remor (2012), nos referidos equipamentos, a carga é içada por meio de um dispositivo, como por exemplo: bloco do gancho, eletroimã, caçamba, tenaz, barra de carga, etc. Existem também os equipamentos mistos, como: descarregadores e carregadores de material a granel na área portuária ou siderúrgica. Há uma gama muito grande de ponte-rolante de manuseio de cargas. E, também uma vez definido o tipo, pode-se, segundo Churchman (2010), subdividi-los em:

- de aplicação siderúrgica
- de aplicação não siderúrgica
- os equipamentos denominados “standards”.

Assim como foi visto na publicação de Moura (2006), para uma ótima disposição de máquinas no processo e circulação de pessoas, deve-se sempre que possível posicionar os equipamentos de manuseio de cargas em um plano acima do plano de circulação de materiais e pessoas. Entretanto, em processos existentes, isto pode ser impraticável. O autor esclarece que é daí surgem soluções razoáveis, tais como: pórticos em ambientes cobertos, empilhadeiras, etc.

Silva (2014) relaciona que tais equipamentos resolvem o problema de manuseio, porém encarecem o custo de transporte e podem provocar a necessidade de uma área maior para o processo. Têm a desvantagem, ainda, de contribuir para elevar os níveis de acidentes internos.

É necessário lembrar sempre que o equipamento fará parte de um sistema, isto é, se ele for apoiar em alguma estrutura, como explicado por Langui (2001). O mesmo autor assinala que o custo inicial de investimento se dá na implantação do projeto e os custos decorrentes da transformação da matéria-prima são considerados como custos variáveis.

São diversos, os equipamentos de manuseio, possíveis de serem projetados. A configuração macro do equipamento estará diretamente vinculada ao movimento no espaço da matéria-prima que está sendo transformada. Pelo menos um dos movimentos é comum à quase grande maioria dos equipamentos. É o movimento vertical. A este movimento poderão estar associados movimentos de translação e rotação (DOBROVOLSK, 2004).

Remor (2012) descreve que, a cada movimento estará implícito um mecanismo. Ou seja, como exemplo:

- Movimento vertical: mecanismo de levantamento;
- Movimento de translação perpendicular às laterais do prédio;
- Mecanismo de translação do carro (direção);
- Movimento translação ao longo do prédio;
- Mecanismo de translação longitudinal;
- Movimento de rotação da carga: mecanismo de giro;
- Movimento de levantamento da lança (guindaste, por exemplo);
- Mecanismo de levantamento da lança (perinazzo; prietto, 2014).

Observa-se que o movimento da carga está associado a um mecanismo independente, que poderá ser motorizado ou não, dependendo do esforço envolvido ou tempo necessário para a execução do movimento propriamente dito no desenvolvimento do projeto tal como disse Gieck (2002). Em alguns aspectos específicos ou particularidades a NBR 8400 (ABNT, 1984) não faz menção a diretrizes ou mesmo sugestões de parâmetros a serem aplicados. Nestes casos, adota-se o recomendado nas normas internacionais.

2.1. PROJETO E OTIMIZAÇÃO DE PONTES ROLANTES

Assim como foi proposto neste estudo, é necessário compreender os aspectos iniciais que permitam definir a linha da dinâmica, da análise, dos elementos mecânicos e estruturais considerados, como mencionado MET, especificamente para uma Ponte Rolante.

Nesse sentido, busca-se conhecer e relacionar projetos de equipamentos voltados ao manejo de cargas, nos mais diversos segmentos da indústria. Como no caso desta pesquisa, de uma empresa que utiliza a ponte rolante para manuseio e transporte de veículos, máquinas e peças de grandes dimensões.

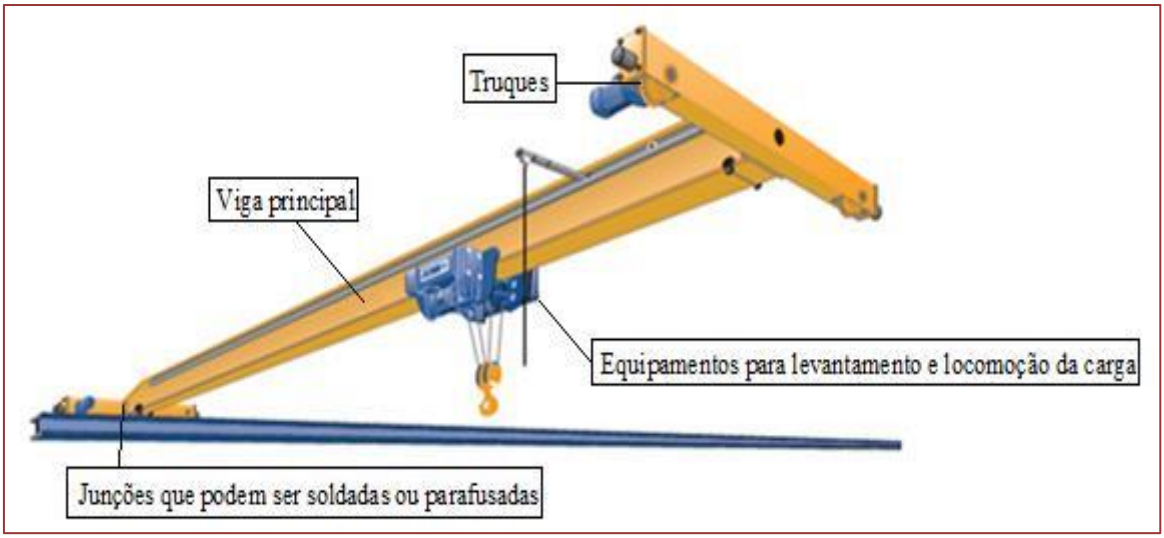
Dessa maneira, têm-se a imposição de requisitos técnicos mínimos exigidos por profissionais do segmento, especialmente aqueles relacionados ao projeto da ponte rolante. Devem ser considerados critérios como a espessura mínima para as chapas estruturais, diâmetro mínimo do cabo de aço, etc.

Trata-se mais especificamente da sequência para a determinação da configuração geral, para um equipamento não siderúrgico. As normas que orientam os projetos das MET's procuram padronizar coeficientes e esforços, aplicados a modelos, que, em condições, elas não tecem comentários sobre "como o equipamento foi configurado" (REMOR, 2012).

Portanto, Silva (2014) revela que a ideia é procurar uma sequência, desde os objetivos a que se propõe o equipamento relativo à sua configuração básica e, também, a análise por meio das ferramentas de engenharia e recomendações de Normas. A partir da construção de modelos, deve-se procurar desenvolver procedimentos objetivos, que permitam a configuração básica adequada do equipamento.

Pode-se observar na Figura 1 representa esquematicamente uma ponte rolante convencional. A sequência proposta é similar a esta configuração como visto a seguir:

Figura 1: Equipamento de manuseio e transporte de cargas - Ponte rolante convencional.



Fonte: FGF projetos (2015)

Como se pode observar na Figura 1, Gieck (2002) assinala que o movimento de subida e descida da carga é executado pelo sistema de levantamento; o movimento horizontal perpendicular as laterais do prédio são procedidas pelo sistema de translação do carro e o movimento longitudinal é executado pelo sistema de translação da ponte.

3. O ESTUDO DE CASO

A metodologia, escolhida para a construção deste estudo foi, na primeira fase, a realização da revisão teórica acerca dos principais termos e conceitos relacionados no dimensionamento de ponte rolante e do melhor modo de adequar à necessidade da empresa analisada.

A segunda fase, consistiu na realização de um estudo de caso em uma empresa localizada em Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais que realiza o processo de manutenção em máquinas de grande porte e a produção de peças.

Com relação ao tratamento dos dados, etapa em que se analisa e interpreta as informações de maneira a orientar o presente trabalho, estabelecendo uma correlação entre o objeto e os objetivos aqui propostos, pode-se dizer que foi realizada uma análise dos dados obtidos no estudo de caso.

3.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E DA PONTE ROLANTE

A empresa, onde ocorreu este estudo de caso, representa uma marca de expressão no mercado de máquinas de grande porte, não só a venda, mas a manutenção e a assistência técnica também fazem parte da atividade da empresa. A empresa tem uma fabricação de garra mecânica para sucata e fabricação de pinos para as máquinas e em suas instalações possui uma ponte rolante.

A Figura 2 traz uma visão interna do galpão da empresa e que está a ponte rolante. Importante destacar a existência de uma maior complexibilidade na execução, uma vez que se tem a exigência de apoio para o caminho de rolamento das pontes rolantes, comum em instalações industriais pequenas ou grandes.

Figura 2: Galpão.

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

A Figura 2 mostra também o galpão com a ponte rolante em que se pode verificar a tipologia empregada no espaço sendo necessário uma maior atenção à estrutura e dimensionamento das colunas metálicas, ou no caso de coluna pré moldada, pré fabricada ou de concreto, utilizando-se console para suportar a ponte e o peso que ela irá ela suportar. É possível verificar também o tamanho da ponte rolante analisada, sendo a mesma com capacidade para 5 ton.

Na Figura 3, é possível verificar o moitão utilizado na ponte rolante.

Figura 3: Moitão.

Fonte: Dados da pesquisa (2015)

É sabido que cada ponte rolante é dimensionada para elevar e transportar uma determinada carga, que deve ser respeitada, para que não sejam afetadas estruturas e partes da máquina.

Na Figura 4, pode-se verificar os equipamentos para levantamento e locomoção de carga.

Figura 4: Equipamento para levantamento e locomoção de carga.

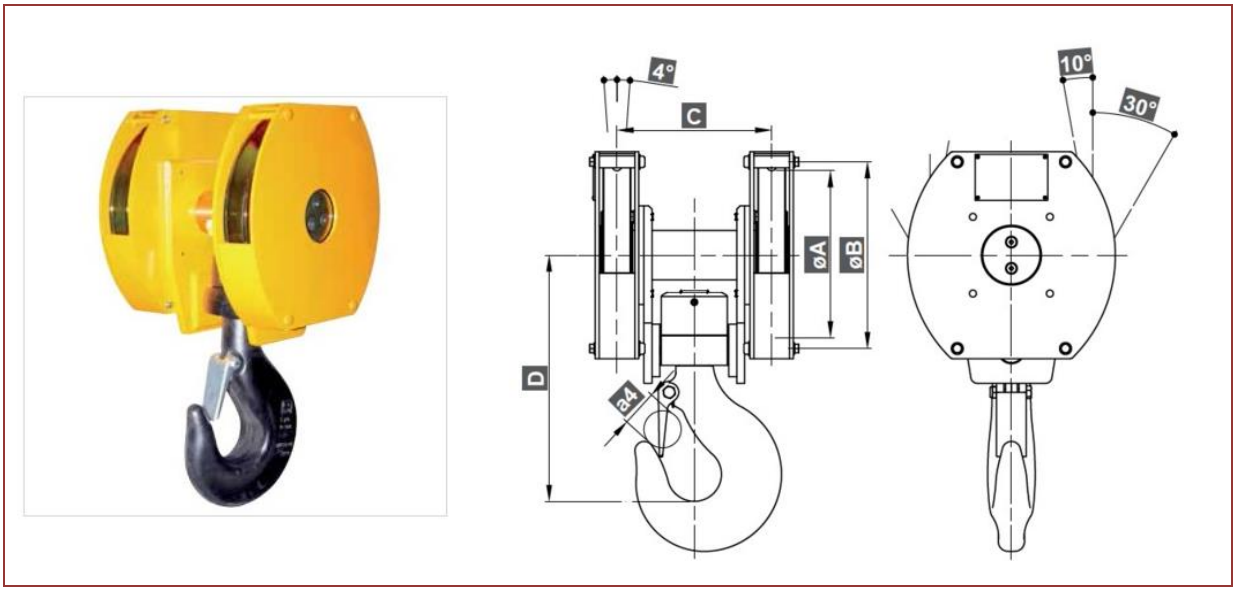
Fonte: Dados da pesquisa (2015)

3.2. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Importantes considerações feitas antes do dimensionamento da ponte para 5 e 10 toneladas.

O moitão de 2 polias 1HA é projetado para que ofereça o máximo desempenho em diferentes equipamentos de movimentação de cargas, dentre eles, as pontes rolantes. É fabricado em chapa de aço, polias forjadas sendo um exemplo demonstrado nas Figuras 5.

Figura 5: Moitão de 2 polias.



Fonte: Helevar (S/D)

Em sequência, no Quadro 1, são apresentas as características técnicas principais de um moitão.

Quadro 1 – Dimensionamento para moitão 2 polias

Moitão 2 polias 1HA							
Capacidade de carga	Cabo(mm)	Dimensões em mm					Peso kg
		a4	A	B	C	D	
4 TON	12	48	228	270	220	346	69
5 TON	13	56	257	297	235	375	81,5
6 TON	14	62	280	330	270	456	110
8 TON	16	71	320	375	293	494	151
10 TON	18	81	355	425	320	530	220
12 TON	20	90	400	470	360	600	300

Fonte: Helevar (S/D)

São considerados o tamanho e gancho, além da medida do cabo e capacidade de carga para cada uma das possibilidades apresentadas.

Com relação à definição de cabo é importante ressaltar que eles estão presentes na maioria dos equipamentos de elevação de carga, na construção dos equipamentos o cabo de aço é o principal elemento utilizado. No que se refere às características que garantem ao cabo de aço esta grande utilização são: boa flexibilidade, grande capacidade de carga, durabilidade e padronização.

A Figura 6 apresenta as propriedades do cabo de aço para o estudo de caso aqui descrito especificamente com relação aos dados das cargas de trabalho e fatores de segurança para uma ponte rolante:

Figura 6: Cargas de trabalho e fatores de segurança.

$$FS = \frac{CRM}{CT}$$

Carga de trabalho é a massa máxima que o cabo de aço está autorizado a sustentar.

O fator de segurança (FS) é a relação entre a carga de ruptura mínima (CRM) do cabo e a carga de trabalho (CT), ou seja:

Um fator de segurança adequado garantirá:

- **Segurança** na operação de movimentação de carga;
- **Desempenho** e durabilidade do cabo de aço e, consequentemente, economia.

A tabela abaixo recomenda os fatores de segurança (FS) mínimos para diversas aplicações:

Aplicações	Fatores de Segurança
Cabos e cordoalhas estáticas	3 a 4
Cabo para tração no sentido horizontal	4 a 5
Guinchos, guindastes, escavadeiras	5
Pontes rolantes	6 a 8
Talhas elétricas	7
Guindaste estacionário	6 a 8
Laços	5 a 6
Elevadores de obra	8 a 10
Elevadores de passageiros	12

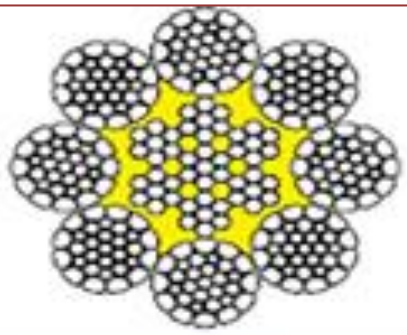
Os valores da tabela são referenciais, sendo que cada aplicação possui valores normalizados.

Fonte: CIMAF (2012)

Observa-se que o elemento de construção do cabo é o arame de aço. Os arames utilizados na construção do cabo possuem resistência à ruptura por tração que pode variar de 160 a 220 (Kgf/mm²). De modo a assegurar uma solicitação uniforme para todos os arames, o entrelaçamento utilizado para a formação do cabo deve seguir uma orientação correta para evitar desgaste prematuro e sobrecarga em alguns arames.

A Figura 7 apresenta o powerpac considerando o diâmetro, a massa aproximada e a carga de ruptura mínima.

Figura 7: Powerpac - Diâmetro, a massa aproximada e a carga de ruptura mínima.



Diâmetro		Massa Aprox. em kg/m	Carga de Ruptura Mínima (tf)
mm	pol.		1960N/mm²
12	-	0,670	12,00
13	1/2"	0,790	14,00
14	9/16"	0,930	16,40
15	-	1,060	18,90
16	5/8"	1,190	21,20
18	-	1,510	26,90
19	3/4"	1,690	30,10
20	-	1,860	33,20
22	7/8"	2,270	40,30
24	-	2,730	48,50
25	-	3,030	53,80
26	1"	3,170	56,40
28	-	3,700	65,70
29	1.1/8"	3,940	69,60
30	-	4,240	75,40
32	1.1/14"	4,810	85,10
34	-	5,400	95,40
35	1.3/8"	5,720	101,70
36	-	6,080	108,20
38	1.1/2"	6,840	121,10
40	-	7,480	132,50

Fonte: CIMAF (2012)

Para a definição motor tem-se os seguintes dados para o motor de 5 e 10 toneladas dispostos no Quadro 2.

Quadro 2 – Valores de referência de motores trifásicos

Tabela referencial de Motores Trifásicos

Potência		Corrente Nominal (Amperes)				Potência		Corrente Nominal (Amperes)			
		1.800 rmp – 60Hz 4 pólos		1.200 rmp – 60Hz 6 pólos				1.800 rmp – 60Hz 4 pólos		1.200 rmp – 60Hz 6 pólos	
HP	WATTS	220V	380V	220V	380V	HP	WATTS	220V	380V	220V	380V
1/3	250	1,6	0,9	1,8	1,0	30	22.000	75,0	43,3	75,0	43,3
½	370	2,1	1,2	2,6	1,5	40	30.000	98,0	57,0	100,0	58,0
¾	560	3,0	1,7	3,4	2,0	50	37.000	120,0	69,5	130,0	75,0
1	740	3,8	2,2	4,0	2,3	60	45.000	145,0	83,7	155,0	89,4
1,5	1.100	5,0	2,9	5,6	3,2	75	55.000	180,0	103,9	190,0	109,6
2	1.500	6,5	3,8	6,8	3,9	100	74.000	250,0	144,3	260,0	150,0
3	2.200	9,0	5,2	10,0	5,8	125	92.000	305,0	176,0	315,0	182,0
4	3.000	12,0	6,9	13,0	7,5	150	110.000	360,0	208,0	380,0	219,0
5	3.700	15,0	8,7	15,0	8,7	175	129.000	420,0	242,2	445,0	257,0
6	4.500	17,0	9,8	18,0	10,4	200	147.000	480,0	277,0	495,0	286,0
7,5	5.500	21,0	12,1	22,0	12,7	250	184.000	610,0	352,0	630,0	364,0
10	7.400	28,0	16,2	30,0	17,3	300	221.000	725,0	418,0	780,0	450,0
12,5	9.200	34,0	20,2	36,0	20,8	350	260.000	860,0	496,0	880,0	506,0
15	11.000	42,0	24,2	43,0	24,8	400	295.000	980,0	566,0	1.020,0	589,0
20	14.700	50,0	28,9	56,0	32,8	450	330.000	1.050,0	606,0	1.180,0	681,0
25	18.400	62,0	35,8	64,0	37,0	500	370.000	1.220,0	704,0	-	-

Fonte: Weg (2021)

O projeto do guincho motorizado segue as iguais condições do projeto de um sistema de elevação de uma ponte rolante. Além disso, a determinação da potência do motor do sistema de levantamento de uma máquina de elevação deve levar em consideração todos os fatores envolvidos no deslocamento da carga em função do tipo de aplicação. O cálculo da potência deve ser feito de acordo com as normas de construção do equipamento.

3.2.1. VALORES A CONSIDERAR PARA UMA PONTE DE 10 TON

Nos cálculos apresentados nesta seção, tem-se os dados para dimensionamento da viga principal de uma ponte rolante de oficina e também das vigas de cabeceira. Também foi considerado o dimensionamento da fixação da viga principal às vigas de cabeceira e a seleção do diferencial de elevação. Abaixo os dados principais dispostos no Quadro 3.

Quadro 3 – Valores para o Cálculo de Uma Ponte de 10 toneladas

Q	10000	kg	Carga nominal
Pmc	250,2	kg	Peso moitão + peso do cabo
V	0,16	m/s	Velocidade de elevação
H	10	m	Altura de elevação
Ncabo	4X10		Número de cabos
Nm	0,97		Rendimento moitão
Nr	0,9557		Rendimento redutores
Ntam	1		Número de tambor

Fonte: Dados da pesquisa (2015)

Considera-se nesse caso, o peso do cabo como sendo de 30,2kg e o peso do moitão 220 kg. Considerando que o Cv é o conjugado do motor para a ponte operando sem a carga útil, em Nm o resultado obtido foi de 0,98632.

Os dados para a seleção do motor foram os seguintes:

Rendimento	Carga atuante
Nt =Nm. Nr. Ntam	WL= Q+Pmc
Nt=**0,927001**	WL=10250,2
Regime de Potência	
Nreg=WL.V/Nt	
Nreg=1769,179	
Nreg=23,59 CV	
Transformando em HP	
Nreg=23,27 HP	

Vale destacar que na seleção de motor faz parte da especificação de componentes necessário ao próprio desenvolvimento da ponte utilizando o motor compatível a ponte rolante aqui considerada, sendo que o grau de utilização e a potência do motor varia de acordo com a especificação de elementos de máquina. Na seleção da Motorização e Freio, o cálculo da potência do motor é dado de acordo com as condições de resistência ao movimento.

3.2.2. VALORES A CONSIDERAR PARA UMA PONTE DE 5 TON

Para efeitos de comparação, os mesmos cálculos foram refeitos considerando os dados para uma ponte com capacidade para 5 toneladas, sendo os dados dispostos no Quadro 4:

Quadro 4: Valores para o cálculo de uma ponte de 5 toneladas

Q	5000	kg	Carga nominal
Pmc	97,3	kg	Peso moitão + peso do cabo
V	0,16	m/s	Velocidade de elevação
H	10	m	Alturada de elevação
Ncabo	4X10		Número de cabos
Nm	0,97		Rendimento moitão
Nr	0,9557		Rendimento redutores
Ntam	1		Número de tambor

Fonte: Dados da pesquisa (2015)

Neste contexto, o peso cabo foi de 15,8kg e o peso moitão foi de 81,5kg, já o CV foi igual a 0,98632.

Na seleção de motorização, foram considerados os seguintes dados:

Rendimento	Carga atuante
Nt =Nm. Nr. Ntam	WL= Q+Pmc
Nt=**0,927001**	WL=5097,3 kg
Regime de Potência	
Nreg=WL.V/Nt	
Nreg=879,7915	
Nreg=11,73 CV	
Transformando em HP	
Nreg=11,57 HP	

Desta maneira, pode ser visto a comparação dos valores de dimensionamento considerando uma ponte com capacidade para 5 e 10 toneladas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo abordou a temática do dimensionamento das pontes rolantes. Neste sentido, o propósito voltou-se a preocupação com uma sequência lógica de funcionamento e de especificação dos componentes da ponte para que se assegurasse a correta configuração do equipamento, lançando mão dos cálculos disponíveis de engenharia, para otimizar o projeto e garantir o pleno funcionamento da ponte.

Os autores citados ao longo desta pesquisa mencionaram uma sequência, desde a análise do objetivo até a definição de componentes básicos principais, destacando a etapa da engenharia básica de um projeto. Além disso, foi possível compreender que a padronização de equipamentos de manuseio de carga, como é o caso da ponte rolante, é uma realidade.

Partindo dos estudos das instalações da empresa analisada, tal como ocorre com as expansões siderúrgicas e também das expansões das montadoras de automóveis, o emprego de pontes rolantes tem sido amplamente utilizado na elevação e transporte de cargas. Destaca-se que apenas foram estudados os componentes da talha elétrica e cabos. Os acoplamentos, eixos, rolamentos, vigas testeiras, que são vigas onde apoiam as vigas principais, clip de fixação do cabo de aço no tambor, passadiço, sistema de energização

(carro e ponte); fixações dos trilhos nas vigas e no caminho de rolamento, não foram estudados.

Os cálculos consideraram as tensões atuantes no desenvolvimento da metodologia proposta, para um caso específico, de um mecanismo de levantamento de cargas. No desenvolvimento do trabalho, foi adotado o Sistema Internacional de Unidades (SI) para 5 e 10 toneladas, não sendo considerados os critérios de detalhamento que não foram objeto deste trabalho.

Foi possível concluir que, inicialmente, deve ser dimensionada a viga principal e vigas de cabeceira, mas que não foram o objeto de estudo proposto, sendo considerado os valores para o dimensionamento da fixação da viga principal às vigas de cabeceira e a seleção do diferencial de elevação. O correto dimensionamento de uma ponte está intimamente dependente da seleção de motor, como parte da especificação de componentes necessário ao próprio desenvolvimento da ponte utilizando o motor compatível a ponte rolante. Na seleção de motorização devem ser considerados o rendimento e a carga atuante para se ter o regime de potência.

O sistema de içamento estudado pode ser trocado para o de 10 ton desde que sejam avaliados os itens acima.

REFERÊNCIAS

[1] CHURCHMAN, C. W. Introdução à Teoria dos Sistemas, 12a Edição, Editora Vozes, São Paulo, 2010.

[2] CIMAF. Manual Técnico de Cabos. 2012. Disponível em: https://api.aecweb.com.br/cls/catalogos/aricabos/catalogocimaf2014completo.pdf. Acesso em: 22/02/2023

[3] DOBROVOLSKI, V. Elementos de Máquinas, MIR, Moscow, 2004.

[4] FGFPROJETOS. Projeto e cálculo de pontes rolantes. 2015. Disponível em: http://fgfprojetos.com.br/site/uploads/downloads/00000000027.pdf. Acesso em: 03/03/2021.

[5] GIECK, K. Manual de fórmulas técnicas. São Paulo: Divina livro, 2002.

[6] HELEVAR. Moitão 2 polias 1HA. S/D. Disponível em: http://www.helevar.com.br/produtos/moitoes-completos/moitao-completo-2-polias/moitao-2-polias-1ha. Acesso em: 22/02/2023

[7] LANGUI, Claudio Alberto. Pontes rolantes - a importância do equipamento nas áreas de produção industrial. 2001. Disponível em: http://www.ppga.com.br/mba/2001/langui_claudio_alberto.pdf. Acesso em: 03/03/2021.

[8] MOURA, A. R. Equipamentos de Movimentação de Carga e Armazenagem, Vol. 4, IMAN, São Paulo, 2006.

[9] MOURA, A. R.; BANZATO E. Aplicações Práticas de Equipamentos de Movimentação e Armazenagem de Materiais, Vol. 5, IMAN, São Paulo, 1998.

[10] PERINAZZO, L. I. L.; PRIETTO, M. S. R. Dimensionamento Básico de Uma Ponte Rolante Para Áreas de Manutenção Industrial. 2014. Disponível em: http://pt.scribd.com/doc/273052725/Dimensionamento-Basico-de-Uma-Ponte-Rolante-Para-Areas-de-Manutencao-Industrial#scribd. Acesso em: 03/03/2021.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR 8400, Cálculo de Equipamentos para Levantamento e Movimentação de Cargas, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo, 1984.

[12] REMOR, Gustavo Strassburger. Projeto conceitual de um pórtico rolante para movimentação de pallets. 2012. Disponível em:

http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2012/Gustavo_Strassburger_Remor.pdf. Acesso em: 03/03/2021.

[13] SANTOS, Arthur Ferreira dos. Estruturas Metálicas – projeto e detalhes para fabricação. São Paulo: Graw-Hill, 2003.

[14] SILVA, Jose Henrique Figueiredo. Projeto da ponte rolante de dupla viga com carro guincho. 2014. http://pt.slideshare.net/hakan42/projeto-da-ponte-rolante-de-dupla-viga-com-carro-guincho-34806414

[15] SOARES, João Oliveira. Projecto e optimização de pontes rolantes. 2011. Dissertação de Mestrado. Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. Disponível em: http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/21787/1/Jo%C3%A3o%20Oliveira%20Soares.pdf . Acesso em: 10 de julho de 2015.

[16] TAMASAUSKAS, Arthur. Metodologia do projeto básico de equipamento de manuseio e transporte de cargas - ponte rolante – aplicação não-siderúrgica. 2000. Disponível em: file:///C:/Users/Alan/Documents/FELIPE-MODELO.pdf. Acesso em: 12 de julho de 2015.

[17] WEG. Guia de Especificação: motores elétricos. 2021. Disponível em: https://static2.weg.net/medias/downloadcenter/h32/hc5/WEG-motores-eletricos-guia-de-especificacao-50032749-brochure-portuguese-web.pdf. Acesso em: 22/02/2023

CAPÍTULO

02

Aumento da disponibilidade de uma ponte rolante através do redimensionamento de motores elétricos

Sérgio Ewerton Reis Holanda, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Heleno Alves Barbosa, Nilo Antunes Ferreira

1. INTRODUÇÃO

Para atender a necessidade de levantamento e transporte de cargas pesadas na indústria, as empresas utilizam de pontes rolantes. Sua operação no Brasil segue a Norma Brasileira Técnica (NBR) 15466: qualificação e certificação de operadores de ponte rolante, pórtico e semipórtico - Requisitos.

Em relação à história das pontes rolantes, de acordo com Soares (2011), as pontes rolantes tiveram seu surgimento em meados de 1800 no setor portuário. Na atualidade, elas são projetadas para as mais diversas aplicações e com dimensionamento de capacidade de carga para levantamento e transporte de objetos, máquinas e outros, de variados pesos. Como exemplo, esse autor informa que a ponte rolante utilizada na casa de força da usina hidrelétrica de Belo Monte que tem capacidade de carga de 800 toneladas. Pela criticidade da atuação dessas máquinas, os projetos de pontes rolantes devem respeitar diversas normas, e no Brasil, existe, para projetos mecânicos de pontes, a NBR 8400 (Cálculo de Equipamentos para Movimentação e Elevação de Carga).

As pontes rolantes devem ser dimensionadas conforme a capacidade carga e tipo de serviços a ser executado, levando também em consideração a criticidade da atividade, isto é risco de acidente. Além disso, deve haver previsão das realizações de manutenções para manter o equipamento funcionando em perfeito estado de operação.

Sobre as manutenções, importante ressaltar que a previsão de peças e componentes é fundamental para a redução do tempo de indisponibilidade da ponte rolante, pois a sua parada pode vir a proporcionar a parada de um processo. Nesse sentido, a parada de um processo promove o custo cessante para a empresa, que é o custo da não produção devido o processo produtivo ter que parar de produzir para a realização de manutenção em equipamentos.

Assim, o motor utilizado e os sistemas que constitui a ponte rolante deve ser dimensionamento conforme atividade a ser realizada pela ponte rolante. Neste contexto, esta pesquisa teve como objetivo alterar o motor e instalar sistema de inversor de frequência em uma ponte rolante que realiza o levantamento e transporte de uma panela com aço líquido do setor de aciaria de uma siderurgia situada na cidade de Recife (PE), como também apresentar os benefícios gerados para a empresa.

2. PONTES ROLANTES

Santos e Araújo (2014) explicam que pontes rolantes são máquinas utilizadas para realizar içamento e locomoção de cargas, através dos movimentos longitudinal, transversal e vertical. O acionamento dos movimentos é independente e pode ou não ocorrer de maneira simultânea.

Para melhor entendimento, nesta parte do estudo, são apresentadas definições de termos relacionado à ponte rolante. Inicialmente é apresentado o esclarecimento sobre os movimentos da ponte rolante: direção, translação e elevação.

Conforme Companhia Siderúrgica Nacional (CSN, 2014), movimento de direção é o movimento realizado pelo carro da ponte rolante, no sentido transversal ao longo da viga da ponte. Esse mesmo autor ainda esclarece que movimento de translação é o movimento longitudinal, no sentido das vigas de caminho da ponte, que ficam localizadas sobre o trilho do vão onde a ponte está instalada, ou seja, nas extremidades. E o movimento de elevação é vertical, para realizar a suspensão da carga.

Pinheiro (2015) explica que para a ponte rolante realizar o movimento de carga é necessária uma estrutura denominada carro, que é responsável por suportar o peso da carga içada e conter os equipamentos de elevação. Além disso, movimenta-se transversalmente e encontra-se sobre as vigas principais da estrutura. Na mesma abordagem, Dias et al (2018) esclarece que o carro é preso na viga principal. As vigas têm que possuir extensão suficiente para manter a ponte rolante sobre os trilhos do galpão.

Lenz (2012) relata que a ponte rolante que é apoiada sobre os trilhos possui uma elevada capacidade de içamento de carga. Esclarece ainda que a viga principal é sobreposta em um caminho de trilhos que são apoiados em colunas de concreto da construção ou por colunas de aço estrutural. A figura 1 a seguir ilustra uma ponte rolante apoiada sobre os trilhos.

Figura 1 – Ponte Rolante Apoiada sobre Trilhos.

Fonte: DEMAG (2019)

3. O ESTUDO DE CASO

Esta pesquisa é um estudo de caso, realizado numa usina siderúrgica que está instalada em Recife-PE. A usina atua de forma semi-integrada e utiliza sucata como matéria inicial para produção de aço. A pesquisa tem características exploratória, os

dados foram coletados por meio de observação e documentos da empresa. Os dados coletados foram do período de janeiro a abril de 2020 e a pesquisa ocorrer no ano de janeiro a novembro de 2020.

A partir das observações e documentos da empresa foram registradas as falhas apresentadas pela ponte rolante, o tempo para restabelecer o funcionamento do equipamento pela equipe de manutenção e o tempo entre as falhas similares. Foram calculados dois índices utilizados para a gestão da manutenção de ativos: o MTBF (*Mean Time Between Failures*, ou tempo médio entre as falhas) e o MTTR (*Mean Time To Repair*, ou tempo médio de reparo). Por fim, calculo dos custos que a empresa teve com peças e componentes utilizados nas manutenções e o Hh (homem-hora, que é o valor pago por hora aos mantenedores) para reestabelecer o funcionamento da ponte rolante. Outros gastos contabilidades foram o custo cessante, que o valor perdido pela não produção da siderurgia devido as paradas para manutenção da ponte rolante.

3.1. O PROCESSO PRODUTIVO

A Siderúrgica possui 4 grandes áreas, sendo elas o Pátio de Sucata, Aciaria, Laminação e Trefila. O processo de produção de aço tem início no Pátio de Sucata, onde é realizada uma seleção dos tipos de sucata. Em sequência, o material passa pelo Shredder, que é a máquina que tritura e separa parte metálica dos outros tipos de materiais.

Após essa primeira etapa, a sucata triturada segue, por meio de esteiras até a Aciaria, onde é depositada no galpão de sucata. Nesse galpão, a sucata é transportada ao forno por meio de duas pontes rolantes de eletroímãs. O forno da empresa é elétrico a arco (FEA) e é responsável por fundir a sucata e algumas substâncias como a cal, para produzir o aço.

Em continuidade, o aço é levado em uma panela, por meio de ponte rolante, para realizar o tratamento térmico e posteriormente realizar o vazamento nos moldes de tarugos (barras com face quadrada). Os tarugos são retirados dos moldes direto e levados ao pátio de tarugos, que é a área que interliga a aciaria e a laminação.

Uma ponte rolante transporta o tarugo que saiu da aciaria para o carro trolley, que faz o transporte até o forno de entrada da Laminação. Local onde o tarugo é reaquecido até a temperatura necessária para ser laminado. Na saída do laminador, os tarugos são transformados em vergalhões que são destinados a área de carregamento ou a trefila, onde são trefilados e transformados em fios, telas e pregos.

3.2. OBJETO DE ESTUDO - PONTE ROLANTE

Ao analisar o processo de produção da siderúrgica apresentado, observa-se a utilização de pontes rolantes em diversas áreas. A ponte rolante estudada nesta pesquisa, localiza-se na área de vazamento da Aciaria. Ela faz o transporte da panela com aço líquido que parte do forno até o ponto de lingotamento. Processo onde o aço líquido é liberado para os moldes de tarugos.

Por realizar o transporte de uma panela com aço líquido, produto em altíssima temperatura, a ponte rolante deve sempre ser mantida em perfeito estado de funcionamento e ter sistemas que reduza o risco de acidente. Uma mínima falha na ponte rolante pode comprometer a produção e gerar acidente gravíssimo.

3.2.1. O PROBLEMA DA PESQUISA – PONTE ROLANTE DA ÁREA DA ACIARIA

Devido a ponte rolante da área da aciaria ter criticidade alta de acidente por transportar panela com aço líquido e a sua parada para manutenção parar a produção de aço da empresa, foi analisado todo o sistema da ponte rolante e o número de paradas de manutenção. Nesta etapa, foi observado que essa ponte rolante possuí motores elétricos de rotor bobinado e não utilizava inversor de frequência para o seu acionamento e controle. A falta do sistema de inversor de frequência, gera risco durante o processo de transporte da panela, pois a panela com aço tem o risco de mover na forma de pêndulo.

Para melhor compreensão, Mamede Filho (2018) explica que o motor elétrico de rotor bobinado possui um rotor envolvido por conjuntos de bobinas, que são conectadas a anéis coletores acoplados ao eixo. Os anéis coletores são isolados eletricamente do eixo por uma tinta isolante, para evitar um curto-circuito e esses por sua vez, estão interligados com o uso de escovas condutoras a uma resistência trifásica. Esse autor ainda comenta que esses motores são aplicados na movimentação de cargas verticais, em baixas velocidades.

Devido a necessidade de precisão e suavidade inerente ao processo de transporte da panela com aço líquido, é indicado que o acionamento do motor da ponte rolante seja realizado com o uso de sistema de inversores de frequência. Esse dispositivo possui basicamente duas partes que é a retificadora e a inversora, que são interligadas por uma conexão em corrente contínua (conhecido como link DC). Desta forma, pode-se afirmar que a ponte rolante por não ter sistema de inversor de frequência realiza atividade de altíssimo risco de acidente.

3.3. VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA: GAIOLA DE ESQUILO X ROTOR BOBINADO

Os motores elétricos do tipo rotor bobinado estão perdendo espaço na indústria devido ao seu alto custo de aquisição e de mantenabilidade. Possuem um elevado custo por serem motores específicos de projetos, ou seja, para cada aplicação que necessite de um motor elétrico de rotor bobinado é necessário realizar um projeto de um motor com características de funcionamento voltadas para a aplicação, com isso, o custo de aquisição se torna muito elevado.

Além disso, esse tipo de motor elétrico contém mais componentes que o motor elétrico de rotor gaiola de esquilo, exemplos são o anel coletor, as escovas condutoras e uma segunda caixa de ligação. Isso faz aumentar o trabalho de manutenção e a probabilidade de apresentar anomalias durante sua operação e geram custos extras para a substituição desses componentes, onde o anel coletor apresenta um valor considerável dentre as três partes extras.

3.4. COMPATIBILIDADE TÉCNICA

Tendo em vista os fatos apresentados, realizou um comparativo do motor elétrico de rotor de bobinado e do motor elétrico de gaiola de esquilo. Na Tabela 1, pode-se observar as características dos dois motores e o preço de aquisição.

Tabela 1 – Característica e Preço dos Motores Elétricos: Rotor Bobinado e Gaiola de Esquilo

Motor trifásico – Rotor Bobinado		Motor trifásico – Gaiola de esquilo	
Fabricante	General Electric	Fabricante	WEG
Potência	75 CV	Potência	75 CV
RPM	1175 rpm	RPM	1185 rpm
Tensão	380 V	Tensão	380 V
Corrente	104 A	Corrente	104 A
Nº POLOS	6	Nº POLOS	6
Fator de Serviço	1	Fator de Serviço	1,15
Preço	R$ 94.545,35	Preço	R$ 28.323,67

Fonte: WEG (2020)

Verifica-se na Tabela 1 que o custo do motor elétrico do tipo gaiola de esquilo é menor do que o motor elétrico de rotor bobinado. Foi analisado também pela equipe técnica de manutenção que os dois motores são compatíveis para realização das atividades na área da aciaria. Essa última análise foi realizada a partir das informações extraídas dos fabricantes WEG e YASKAWA.

Após uma análise, a equipe técnica identificou que o sistema de inversor de frequência pode ser instalado ao motor elétrico de gaiola esquilo. Logo, foi indicado a substituição do motor elétrico de rotor bobinado pelo motor de motor gaiola de esquilo e a instalação do sistema de inversor de frequência. Essa mudança foi realizada no em abril de 2020.

3.5. RESULTADOS - INDICADORES DE MANUTENÇÃO: MTBF, MTTR E DISPONIBILIDADE

Em setembro de 2020, foram coletadas informações de disponível e número de falhas que ocorreu na ponte rolante do período de janeiro a agosto de 2020. Essas informações podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2: Dados Bases para o Cálculo dos Indicadores de Manutenção

Mês	Nº de dias	Tempo Disponível	Nº de Falhas
Jan/2020	31	744 horas	9
Fev/2020	28	672 horas	11
Mar/2020	31	744 horas	8
Abr/2020	30	720 horas	10
Mai/2020	31	744 horas	5
Jun/2020	30	720 horas	3
Jul/2020	31	744 horas	4
Ago/2020	31	744 horas	3

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Verifica-se na Tabela 2, que o número falha que ocorreram na ponte rolante reduziu consideravelmente a partir de maio de 2020. Com isso, pode afirmar que a troca do motor elétrico de rotor bobinado pelo motor gaiola de esquilo mais o inversor de frequência na ponte rolante diminui os números de manutenções no equipamento.

Para melhor compreensão, observa-se que no período de janeiro a abril de 2020 (quatro meses), período antes da alteração do motor, a ponte rolante acumulava 38 falhas, uma média aproximada de 10 falhas por mês. Após a substituição do motor, o número de falhas caiu para 15, no período de maio a agosto de 2020, tendo como média aproximada de 4 falhas por mês. Essa redução ocorreu, porque foram eliminados uma grande quantidade de componentes que eram responsáveis pelo acionamento do antigo motor, como por exemplo os contatores e o banco de resistência.

Tendo como finalidade alcançar dados sólidos que podem indicar de forma concreta os benefícios gerados pela mudança do motor, utilizou-se dos dados da tabela 1 para realizar os cálculos dos indicadores de manutenção MTBF e MTTR, que podem ser observados, na Tabela 3.

Tabela 3: Indicadores de Manutenção - Mensais

Mês	MTBF	MTTR	Disponibilidade
Jan/2020	82,67	6,64	92,57%
Fev/2020	61,10	5,84	91,27%
Mar/2020	93,00	10,82	89,58%
Abr/2020	72,00	6,29	91,96%
Mai/2020	148,80	2,37	98,43%
Jun/2020	240,00	7,70	96,89%
Jul/2020	186,00	4,61	97,58%
Ago/2020	248,00	3,34	96,67%

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Conforme observa-se na Tabela 3, os indicadores mostram valores favoráveis para a empresa. Com base nos indicadores calculados mês a mês, pode-se visualizar no período de janeiro a abril 2020, período em que o motor utilizado era de rotor bobinado, a ponte rolante apresentava uma falha em média a cada 77,2 horas e demandava 7,4 horas da equipe de manutenção para reestabelecer o pleno funcionamento do equipamento. Com a alteração, troca para o motor gaiola de esquilo e colocação do inversor de frequência, obtém-se que as falhas passaram a ocorrem em média a cada 205,7 horas e a demandar 4,5 horas da equipe de manutenção para reparar a falha. Acrescenta-se ainda que repercutiu em melhoria na média de disponibilidade apresentada pelo equipamento, que antes da troca do motor apresentava o valor de 91,35%, em média, e logo depois passou a apresentar o valor de 97,39%. Uma síntese dos resultados dos indicadores, pode ser observada na tabela 4.

Tabela 4: Comparativo de Indicadores de Manutenção

Indicadores	Janeiro a Abril de 2020	Maio a Agosto de 2020	Melhorias
MTBF	77,2 horas	205,7 horas	166%
MTTR	7,4 horas	4,5 horas	39,2%
Disponibilidade	91,35%	97,39%	6,61%

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Por meio dos dados apresentado na Tabela 4, pode-se afirmar que a mudança do tipo do motor e a colocação do sistema de inversor de frequência na ponte rolante, proporcionou em melhoria para empresa na disponibilidade da ponte rolante, pois aumento 166% o tempo em que o equipamento levava para apresentar falha. E promoveu a redução em 39,2% no tempo necessário para reparar uma falha; e aumento de 6,61% no percentual de disponibilidade da ponte rolante.

3.6. INDICADORES DE CUSTO DA MANUTENÇÃO

O conjunto de valores dos insumos, materiais, do recurso humano (homem-horas) e das horas de indisponibilidade do equipamento e da linha, totalizam os custos da manutenção (SOEIRO; OLÍVIO; LUCATO, 2017). Por tanto, fez-se necessário analisar os principais custos vinculados ao equipamento estudado, visando comparar os valores, antes e depois da troca do motor e colocação do sistema de inversor de frequência na ponte rolante.

3.6.1. CUSTO COM A EQUIPE DE MANUTENÇÃO

O cálculo do custo de mão de obra da equipe de manutenção foi realizado a partir da do número mecânicos eletricistas que realizaram as manutenções. A equipe foi constituída por funcionários próprios e terceiros, numa proporção de 50% para cada uma das classes de colaboradores. O total é de 8 mecânicos eletricistas e os colaboradores de cada uma das duas classes possuem salários distintos. Desta forma, os valores foram contabilizados e o resultado de média salarial, número de dias trabalhados e horas, e o homem-hora (HH) de cada uma das classes de trabalhadores podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5: Salário Médio, Número de dias e horas trabalhadas e HH da Equipe de Manutenção

Técnicos	Média Salarial	Nº de dias trabalhados	Nº de horas trabalhadas	HH individual
Próprios	R$ 2.875,45	26	208	R$ 13,82
Terceiros	R$ 2.145,85	26	208	R$ 10,31

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Na Tabela 5, pode-se verificar que a média salarial para um mecânico eletricista próprio é maior do que de empresas terceirizadas. O valor salário do mecânico eletricista da própria empresa é superior cerca de 25,4% em relação ao salário de mecânicos eletricista de empresas terceirizadas.

Em continuidade, foi contabilizado o custo total com mão de obra dos mecânicos eletricista para realização da manutenção da ponte rolante no setor da aciaria. Os valores podem ser verificados na Tabela 6.

Tabela 6: Custo de HH para manutenção da ponte rolante

Período	Tipo de Funcionário	Quantidade (funcionários)	HH Calculado	Tempo de intervenção	Custo de Mão de Obra
Janeiro – abril	Próprio	2	R$ 27,64	66,80 h	R$ 1.843,35
	Terceiro	2	R$ 20,62		R$ 1.377,42
Maio – agosto	Próprio	1	R$ 13,82	45,75 h	R$ 632,27
	Terceiro	2	R$ 20,62		R$ 943,37

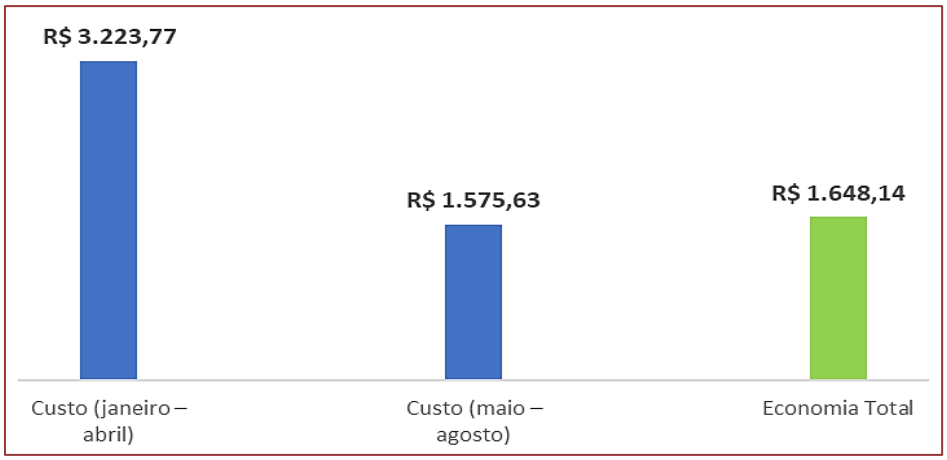
Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

A partir do tempo médio para realização das manutenções nos dois períodos distintos, e do gasto com HH calculado, obteve-se o custo de mão de obra da equipe de manutenção da ponte rolante.

A substituição do motor elétrico de rotor bobinado pelo motor gaiola de esquilo e a instalação do sistema de inversor de frequência na ponte rolante promoveu uma redução significativa da quantidade de componentes (contatores, disjuntor, banco de resistência, entre outros). Vale informar ainda que o motor de rotor gaiola de esquilo demanda menos tempo na sua manutenção preventiva, pois não possui a segunda caixa de ligação, nem o anel coletor e suas escovas. Com a diminuição do tempo demandado pela equipe de manutenção, reduziu a equipe de intervenção para um técnico próprio e dois técnicos terceirizados.

Nesse contexto, foi identificado que a alteração do motor elétrico de rotor bobinado pelo motor gaiola de esquilo e instalação do sistema de inversor de frequência na ponte rolante reduziu os custos com de mão de obra da equipe de manutenção de R$ 3.223,77 reais para R$ 1.575,63, que representou 51%. Esses valores podem ser observados no gráfico 1.

Gráfico 1: Custo de Mão de Obra com a Equipe de Manutenção.



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

3.6.2. CUSTO COM PEÇAS E COMPONENTES

Um gasto relevante que compõe os custos com manutenção são os de peças e de componentes. Na grande maioria dos casos, as peças e os componentes estão relacionados com as falhas ocorridas no equipamento, em que se faz necessário substituir os itens danificados.

Nesta pesquisa, foram identificados os custos gerados pelas peças e componentes substituídos nas manutenções realizadas na ponte rolante, como disjuntores, contatores, resistências ôhmicas, cabos elétricos, ferramentas, sensores, escovas do anel coletor, entre outros. Esses custos podem ser visualizados na Tabela 7.

Tabela 7: Custos de Peças e Componentes substituídos nas Manutenções

Situação	Mês	Quantidade de falhas	Custo com sobressalente
Melhoria não realizada	Janeiro	9	R$ 5.342,90
	Fevereiro	11	R$ 4.985,35
	Março	8	R$ 6.233,87
	Abril	10	R$ 7.244,56
Melhoria realizada	Maio	5	R$ 3.144,66
	Junho	3	R$ 1.985,28
	Julho	4	R$ 2.883,74
	Agosto	3	R$ 1.834,15

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Por meio da Tabela 7, pode-se observar que antes da substituição do motor elétrico de rotor bobinado pelo motor gaiola de esquilo e instalação do sistema de inversor de frequência na ponte rolante, período de janeiro a abril de 2020, a empresa teve gastos médio mensal com peças e componentes no valor de R$ 6.154,59. E depois da substituição, no período de maio a agosto de 2020, a média mensal caiu para R$ 2.461,96.

3.6.3. CUSTO CESSANTE

Dentre os itens que integram a composição do custo da manutenção, o custo cessante é considerado um custo indireto e pode possuir o maior peso na composição total dos gastos com manutenção. Ele representa o custo dos produtos não produzidos pela empresa no período que a produção tem que ficar parada para manutenção de equipamentos. Dependendo do setor da empresa, do valor do produto e do tempo em que o equipamento permanece indisponível, o custo cessante pode atingir proporções altíssimas (TELES, 2018).

Nesse estudo, foi identificado o volume de produção da Aciaria e o preço do aço produzido para obter o custo do volume de produção perdido por indisponibilidade da ponte rolante. Assim, nesta pesquisa constatou que a empresa gera um volume de produção de aproximadamente 700 toneladas de aço por dia, alcançando a marca de 21.000 toneladas em um período de 30 dias. Isso levou em consideração uma produção de 25 toneladas por ciclo de produção, sendo que cada ciclo leva em torno de 40 minutos do processo de alimentação do Forno Elétrico a Arco (FEA) com sucata até a finalização do processo de vazamento do aço líquido do forno panela, que atinge a quantidade de 28 ciclos por dia.

Verificou-se por meio do presidente do Instituto Nacional da Distribuição de Aço (INDA), em entrevista ao Diário do Comércio, que o preço da tonelada de aço estava custando aproximadamente U$ 100,00 dólares e em moeda brasileira, o valor calculado foi de R$ 533,00 reais. Valor calculado com cotação comercial do dólar de R 5,33 reais, na data de 19 de novembro de 2020. Com isso, toma-se por base que a cada 1 minuto da ponte rolante parada, a empresa deixa de produzir 625 kg de aço, obtendo de prejuízo R$ 332,50 reais de custos cessante. O custo cessante da empresa devidos à parada da ponte rolante para manutenção foi calculado referente aos meses de janeiro a agosto de 2020 e podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 8: Custo Cessante devido a Paralização da Ponte Rolante

Situação	Mês	Tempo de processo parado (min)	Perda de produção (tonelada)	Custo cessante
Melhoria não realizada	Janeiro	72	45,00	R$ 23.940,00
	Fevereiro	81	50,60	R$ 26.919,20
	Março	61	38,10	R$ 20.269,20
	Abril	77	48,10	R$ 25.589,20
Melhoria realizada	Maio	38	23,75	R$ 12.635,00
	Junho	25	15,62	R$ 8.309,84
	Julho	33	20,63	R$ 10.975,16
	Agosto	21	13,13	R$ 6.985.16

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Com base nos dados apresentados na Tabela 8, pode-se comparar os custos indiretos que a ponte rolante gerou no período de janeiro a abril de 2020 e após, no período de maio a agosto de 2020 com a substituição do motor elétrico de rotor bobinado pelo motor gaiola de esquilo e a instalação do sistema de inversor de frequência. A partir disso, observa-se que a ponte rolante gerou um custo cessante médio mensal de R$ 24.179,40 reais e com a alteração na ponte rolante passou a gerar custo médio mensal de R$ 10.640,00. Isso representou uma redução média de aproximadamente 60% do custo cessantes.

Com base nas diretrizes passadas por Teles (2018), para que haja um controle eficiente dos custos indiretos de um equipamento, necessita-se implementar soluções para aumentar a sua confiabilidade e reduzir a indisponibilidade. Dessa forma, pode-se reduzir o tempo de parada que o equipamento irá gerar no processo, fazendo com que a empresa maximize seus lucros e reduza suas perdas.

3.7. VIABILIDADE ECONÔMICA

Para autorização da substituição do motor e instalação do inversor de frequência pela diretoria executiva da empresa, foi detalhado os valores a ser investido com serviço, materiais e equipamentos móveis, para apresentação do valor total do investimento. Nesse processo, tomou como base o período de três dias para a efetivação da substituição do motor e a instalação do inversor de frequência. Os valores de equipamentos móveis alugados e o custo com HH foram também identificados. A Tabela 9 apresenta o detalhamento e o valor total que foi investido pela empresa.

Tabela 9: Detalhamento e Valor Total do Investimento para a troca do motor e instalação do inversor de frequência da ponte rolante

Descrição dos custos	Preço
Aquisição de motor elétrico – gaiola de esquilo	R$ 28.323,67
Aquisição de inversor de frequência	R$ 26.230,00
Aluguel de guindaste	R$ 11.086,56
Custo com HH da equipe (3 técnicos)	R$ 995,04
Custo com HH de operador de guindaste (18 horas)	R$ 393,75
Custo com interrupção da produção (4,5 horas)	R$ 89.775,00
TOTAL	**R$ 156.804,02**

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Conforme pode observar na tabela 9, a alteração do motor e a instalação do inversor de frequência teve um valor de investimento de R$ 156.804,02.

Em seguida, foi realizado o cálculo do retorno médio anual que a empresa teria com a redução do custo de HH com equipe de manutenção, de peças e componentes e perdas de produção. Esses dados podem ver observados na Tabela 10.

Tabela 10: Retorno Anual em Média

Descrição do retorno	Valor do retorno anual em média
Redução do custo com HH da equipe de manutenção	R$ 4.944,42
Redução do custo com peças e componentes	R$ 10.469,13
Redução do custo com perda de produção	R$ 43.359,33
Total de retorno anual	**R$ 58.772,88**

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

A partir do cálculo do retorno médio anual apresenta da Tabela 10 e do valor de investimento apontado na Tabela 9, pode-se determinar a viabilidade econômica. Então, foram calculados os valores do Fluxo de Caixa Final (FCF), Fluxo de Caixa Acumulado (FCA), Fluxo de Caixa Descontado (FCD) e o Fluxo de Caixa Descontado Acumulado (FCDA), como também a os indicadores de viabilidade: Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *payback*. Para a realização dos cálculos, foi identificada a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 8% a.a., já que o capital de investimento utilizado estava alocado em uma aplicação financeira com esse percentual de rendimento. A Tabela 11 apresenta os resultados.

Tabela 11: Viabilidade Econômica

ANO	0	1	2	3	4
FCF	- R$ 156.804,02	R$ 58.772,88	R$ 58.772,88	R$ 58.772,88	R$ 58.772,88
FCA	- R$ 156.804,02	- R$ 98.031,14	- R$ 39.258.26	R$ 19.514,62	R$ 78.287,50
FCD	- R$ 156.804,02	R$ 54.419,33	R$ 54.419,33	R$ 54.419,33	R$ 54.419,33
FCDA	- R$ 156.804,02	- R$ 102.384,69	- R$ 47.965,36	R$ 6.453,97	R$ 60.873,30
VPL	R$ 37.859,21				
TIR	18,43%				
Payback Simples	Ano: 2	Mês: 8	Dia:0		
Payback Descontado	Ano: 2	Mês 10	Dia: 17		
TMA			8% a.a.		

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Por meio dos resultados obtidos, pode-se observar que a troca do motor e a instalação do sistema de inversor de frequência proporcionou um rendimento de R$ 37.859,21, valor do que os 8% a.a. que o capital investido renderia se tivesse sido alocado na aplicação financeira do sistema bancário.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao realizar um projeto de melhoria em um equipamento, seja ele qual for, o viés financeiro sempre estará em foco. No caso da substituição do motor elétrico de rotor bobinado pelo motor de rotor gaiola de esquilo e instalação do sistema de inversor de

frequência, foi identificado que o novo motor possui um preço de aquisição 70% menor que o utilizado na empresa.

Com a troca do motor e instalação do sistema de inverso de frequência, ocorreu aumento da disponibilidade da ponte rolante em 6,61%, uma redução média mensal de 60% no número de falhas. Acrescenta ainda um que promoveu redução de 58,6% dos custos de substituição de peças, uma diminuição de 51% do custo de HH da mão de obra para realização da manutenção e uma economia mensal do custo cessante de cerca de 60%.

Outro fato relevante gerado pela realização desta pesquisa, foi a redução do tempo demandado para a intervenção preventiva do equipamento de aproximadamente 21 horas, considerando um período de 4 meses. Esse resultado abre opções para o gestor de manutenção reduzir o tempo de intervenção preventiva ou a quantidade de pessoas que seriam alocadas na atividade. Esse ganho permite que a equipe foque em outras atividades ou equipamentos, gerando um aumento considerável na confiabilidade da manutenção desse setor.

Por fim, verificou que foi viável a troca do motor e a instalação do sistema de inversor de frequência, além dos ganhos com redução de custos, também ocorreu a redução do risco de acidente.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8400: Cálculo de Equipamentos para movimentação e elevação de carga. Rio de Janeiro, 2007.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17094-1: Máquinas elétricas girantes - Parte 1: Motores de indução trifásicos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

[3] CSN. 2014. Disponível em:< http://www.csn.com.br/default_pti.asp?idioma=0&conta=45>. Acesso em 10 nov. 2020.

[4] DEMAG. Pontes rolantes. 2019. Disponível em: <http://www.demagcranes.com.br/> Acesso em: 19 nov. 2020.

[5] DIAS, Bruno M. et al. Movimentação e Transporte: Pontes Rolantes. 2018. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, Araçatuba, 2018.

[6] LENZ, André Luiz. Tecnologia para Automação de Pontes Rolantes. São Paulo: SENAI, 2012.

[7] MAMEDE FILHO, J. Instalações elétricas industriais. 9. ed. LTC – Livros Técnicos e Científicos. 2018.

[8] SANTOS, R. B.; ARAUJO, R. S. Desenvolvimento de um protótipo para demostrar o funcionamento de uma ponte rolante automatizada. Minas Gerais, 2014.

[9] SOARES, João O., “Projeto e Otimização de Pontes Rolantes”, Universidade do Minho, 2011. (Dissertação do MIEM).

[10] SOEIRO, M. V. A.; OLIVIO, A.; LUCATO, A. V. R. Gestão da Manutenção. 1. ed. Londrina. Editora e Distribuidora Educacional S.A. 2017.

[11] SORDI, Giovani. Dimensionamento da viga principal de uma ponte rolante. 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 28 jun. 2016.

[12] TELES, J. Introdução à Gestão de Custos de Manutenção. Engeteles. 2018. Disponível em: <https://engeteles.com.br/gestao-de-custos-de-manutencao-parte1/>. Acesso em: 20 ago. 2020.

CAPÍTULO

03

Aumento da eficiência do forno de reaquecimento com a avaliação do dimensionamento de placas

Gustavo Luiz Xavier, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Edilberto da Silva Souza, Heleno Alves Barbosa

1. INTRODUÇÃO

O setor siderúrgico passou por um período prologando de crise, iniciado em 2000 e estendendo até os dias atuais. Esse setor enfrenta um cenário de incertezas causado por guerras comerciais e por um conjunto de fatores iniciados com a China no ano 2000. Acrescenta ainda, segundo Estigarribia (2019), por meio de um plano para se tornar o principal fornecedor de aço do mundo, esse país, em 2018, produziu um recorde de 1 bilhão de toneladas de aço, o que correspondeu a 51% da produção mundial. Em 2019, a indústria siderúrgica global estava com uma capacidade ociosa de 500 milhões de toneladas, o que causou uma grande redução nos preços do produto, impactando diretamente o Brasil.

Em sequência, veio a pandemia do Corona vírus, que conforme Alerigi (2020) os impactos causados pela crise promovida pela covid19 dificultam ainda mais a recuperação do setor siderúrgico no Brasil. Em 2020, o cenário apontou uma queda de 20% no consumo de aço.

Em vista das crises ocorridas nesse setor, as empresas trabalham para a melhoria de seus processos com foco na redução dos custos de produção. Desta forma, Teixeira (2007) relata que o forno de reaquecimento é responsável por 15% do consumo total de combustível em uma usina siderúrgica integrada. As empresas buscam em seus processos melhorias que podem contribuir para a redução de custos e aumento da produção. Em uma laminação de planos, o forno de reaquecimento representa uma das partes mais importantes do processo como também o maior custo de operação.

Nesse contexto, este estudo visa apresentar uma análise das melhorias a serem realizadas em um forno de reaquecimento de placas em uma laminação de planos de uma siderúrgica localizada na região do Alto Paraopeba em Minas Gerais, para aumento de sua eficiência.

2. FORNO DE REAQUECIMENTO

Silva e Pannoni (2010) explicam que o processo de laminação “a quente” deve ser precedido de um forno de reaquecimento. Mesmo nos casos de carga quente, o material inicial deve ser sempre aquecido até a temperatura ideal de laminação.

Esses dois autores ainda afirmam que o termo “reaquecimento” indica que o material já esteve quente e, logo depois do lingotamento, esfriou (parcial ou totalmente) sendo necessário ser reaquecido.

Os fornos de reaquecimento ou de laminação são do tipo carga móvel ou contínuo, ou seja, podem ser caracterizados como trocadores de calor tipo contracorrente onde o material (o aço) se desloca da zona de carga (entrada) para a zona de descarga e o calor (a energia) se movimenta da descarga (saída) para a carga.

2.1. TÉCNICAS PARA REDUÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA

Os fornos de reaquecimento são responsáveis por uma parcela considerável do consumo energético global em uma usina siderúrgica. De acordo com a matriz energética de uma usina integrada, a parcela debitada à laminação a quente é da ordem de 10 a 15%, dessa maneira, tornam-se plenamente justificados os esforços que são despendidos para a redução do consumo energético nestes equipamentos.

Dentre as medidas que podem ser tomadas nessa direção, destacam-se:

- Otimização do padrão de aquecimento, levando em conta o tipo e as dimensões dos materiais, além do ritmo de desenfornamento das placas;
- A otimização de um forno pode representar uma redução de até 15% no consumo específico de energia, além de proporcionar uma sensível melhoria da qualidade das placas através da redução da ocorrência de defeitos oriundos de superaquecimentos, formação excessiva de carepa, elevadas marcas de skids, heterogeneidade de temperatura da placa, etc.;
- Controle da relação ar/combustível visando à obtenção de um excesso de ar de 10 a 15%;
- Controle da temperatura do gás de exaustão na faixa de 900ºC-1000ºC, o que pode gerar uma economia de combustível de até 8%;
- Melhoria do isolamento dos skids e paredes refratárias, conseguindo-se reduções da ordem de 6% com a utilização de duplo isolamento dos skids e mantas isolantes na abóbada do forno;
- Implementação da prática de enfornamento de placas quentes ("Hot Charge"), com redução de até 20% no consumo específico, para uma temperatura de enfornamento da ordem de 400ºC;
- Aumento do comprimento das placas, visando uma maior utilização da área útil de aquecimento do forno, podendo-se obter ganhos no consumo de até 10%;
- Redução das espessuras das paredes laterais dos fornos visando um aumento da largura útil, com ganhos de 2,5 a 3,0% no consumo específico.

3. O ESTUDO DE CASO

Esta pesquisa é um estudo de caso em que o objeto de estudo é um forno de reaquecimento de uma laminação de planos em uma empresa siderúrgica.

A pesquisa se caracteriza como exploratório, recorrendo a dados documentais. Também é descritiva já que, do ponto de vista da sua natureza, é uma pesquisa aplicada, dirigida à solução de um problema. Em relação à sua abordagem é um estudo quantitativo e qualitativo, pois foram utilizados indicadores para análise de dados.

A empresa estudada está situada na região de Ouro Branco, Minas Gerais e pertence ao complexo de rede de empresas metalúrgicas e siderúrgicas do espaço conhecido como “Quadrilátero Ferrífero”.

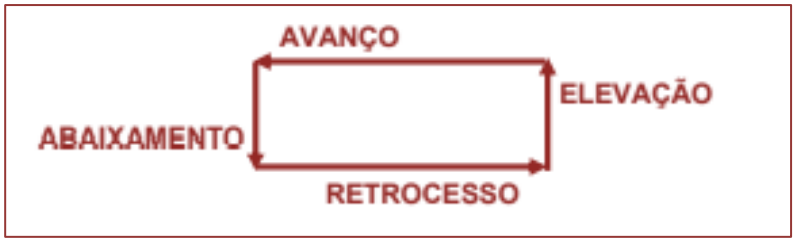
O estudo de caso foi realizado em uma laminação de tiras a quente, no forno de reaquecimento, com o objetivo de aumentar o comprimento das placas visando uma maior utilização da área útil de aquecimento do forno, podendo obter ganhos no consumo e produção.

3.1. FORNO DE REAQUECIMENTO

O forno de reaquecimento em que foi realizado o estudo é do tipo *walking beam* (vigas caminhantes). O material é transportado desde o lado da carga até a o da descarga por movimentos sucessivos de “levanta-avança-abaixa”. O movimento é obtido por vigas ou tubos refrigerados e isolados, trata-se de um forno tipo “viga móvel” (*walking-beam*).

O movimento desse forno segue uma trajetória retangular com um passo (ou avanço) maior do que a largura da seção transversal do material e, assim, consegue obter um espaço entre as duas peças. Os movimentos são lentos e suaves para reduzirem ao mínimo o impacto do aço frio contra o refratário quente. A Figura 1 ilustra a trajetória de um forno de reaquecimento tipo vigas móveis.

Figura 1: Exemplo de movimento da viga móvel.



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Esse arranjo tem a vantagem de esvaziar o forno simplesmente sem a necessidade de se carregarem novas peças.

O forno possui oito zonas distribuídas entre as partes superior e inferior, sendo a parte superior composta por zonas ímpares (1,3,5 e 7) e parte inferior por zonas pares (2,4,6 e 8); juntas, elas possuem 96 queimadores. Ele é dividido em cinco seções onde é realizado o reaquecimento da placa, a saber:

- Recuperativa ou zona zero - não possui queimadores; o aquecimento da placa ocorre pelo calor gerado nas outras regiões do forno e que chega por ela através do arraste causado pela chaminé;
- Pré-aquecimento - composto pelas zonas 1 e 2;
- Aquecimento 1 - composto pelas zonas 3 e 4.
- Aquecimento 2, composto pelas zonas 5 e 6;
- Encharque, composto pelas zonas 7 e 8.

O forno trabalha com três tipos de gás, a saber:

- COG - gás de Coqueria gerado pela própria empresa;
- BFG - gás de Alto Forno gerado pela própria empresa;
- GN - gás Natural fornecido por uma empresa externa.

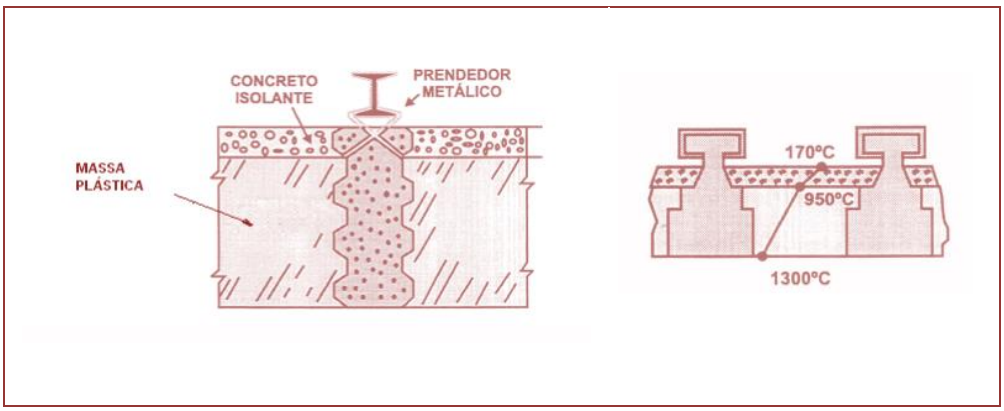
O forno de reaquecimento possui 54600mm de comprimento e 8000mm de largura de área útil.

3.1.1. ISOLAMENTO TÉRMICO

A condutividade térmica de um material é a capacidade de o material conduzir calor. Um material com alta condutividade é um bom condutor de calor enquanto valores baixos indicam que ele é um mal condutor ou isolante (ÇENGEL *et a*l, 2012).

Os fornos de reaquecimento trabalham com temperaturas elevadas e, para se evitarem danos em sua estrutura e equipamentos, são utilizados diferentes tipos de isolamento térmico. Desta forma, o isolamento térmico do forno visa proteger a estrutura metálica e reduzir a perda de calor para o ambiente externo. No teto do forno é utilizado um conjunto de refratário plástico e concreto isolante, conforme a Figura 2.

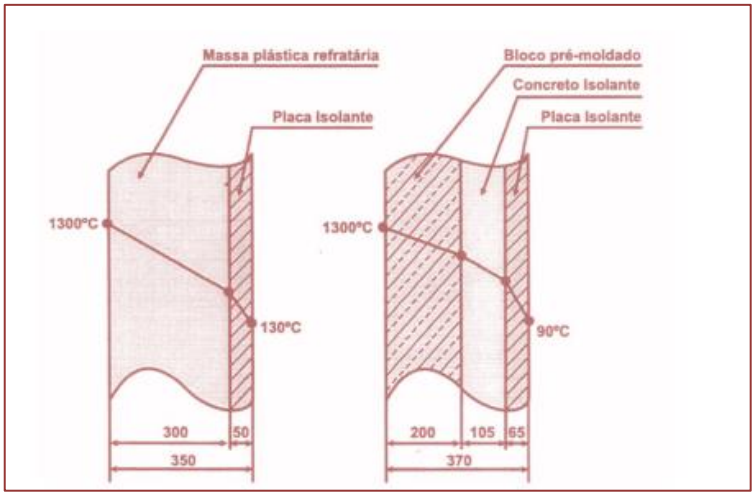
Figura 2: Conjunto isolante de uma abóboda.



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Já o isolamento térmico das paredes laterais é constituído, conforme já informado anteriormente, por uma camada de tijolos refratários, blocos pré-moldados, concreto vibrado ou massa plástica socada e, além disso, por uma camada de isolante térmico que pode ser de fibra, manta, placa ou de tijolos conforme a Figura 3.

Figura 3: Revestimento de uma parede lateral.



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

3.2. OPORTUNIDADE DE MELHORIA VISANDO UMA MAIOR UTILIZAÇÃO DA ÁREA ÚTIL DO FORNO DE REAQUECIMENTO.

O forno de reaquecimento do estudo possui uma limitação no comprimento máximo da placa para o carregamento. As dimensões máximas para carregamento são:

- Comprimento = 7.550mm
- Largura = 2.112mm
- Espessura = 247mm
- Peso = 30,92 toneladas, calculado conforme a densidade do aço sendo considerada 7850kg/m^3.

Fórmula para se calcular o peso da placa:

$$P = D*V$$

$$P = 7850Kg/m^3 * \frac{(7550*2112*247)\ m^3}{10^9}$$

$$P = 30.920kg$$

$$P = 30,92t$$

A carga considerando um GAP (distância entre as placas no interior do forno) de 83mm é de 25 placas em suas máximas dimensões ou 773 toneladas, conforme o cálculo abaixo:

- Comprimento do forno = 54.600mm
- GAP entre placas = 83 mm
- Largura da placa = 2.112 mm
- Peso da placa = 30,92t

Fórmula para se calcular total de placas enfornadas e carga do forno.

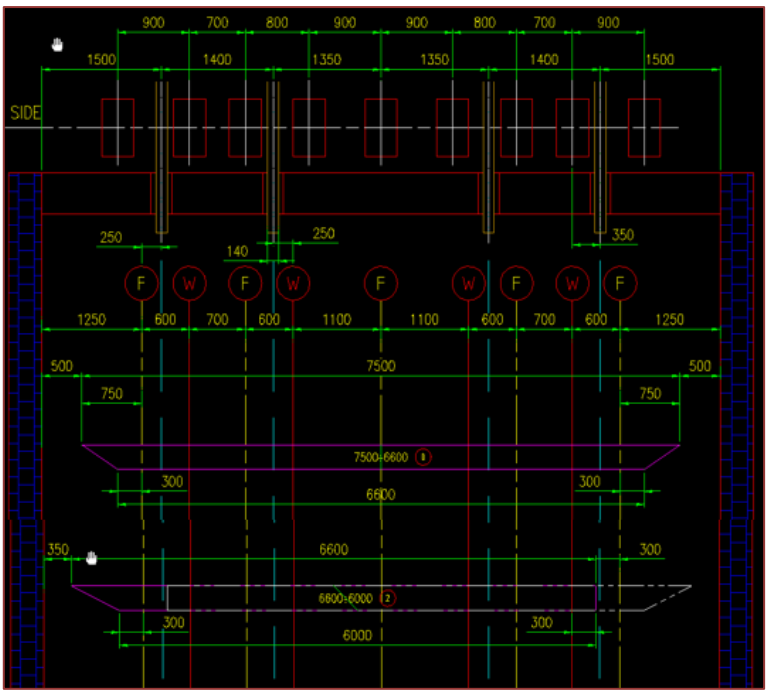
$T = \frac{C}{(L+GAP)}$ $T = \frac{54600mm}{(2112mm+83mm)}$ T = 25 placas	Carga = T*P Carga = 25placas*30,92t Carga = 773 toneladas

Em vista dessas informações, foi feito um estudo para se aumentar o comprimento das placas no forno, melhorando o rendimento metálico de forma que não exceda a capacidade de carga dos equipamentos.

3.2.1. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

O carregamento deve ser feito de forma que exista uma distância entre a ponta em balanço da placa e a parede do forno para se evitar o risco de colisão causado por um deslocamento durante a trajetória percorrida por ela até o descarregamento. A Figura 4 apresenta o posicionamento das placas carregadas no forno.

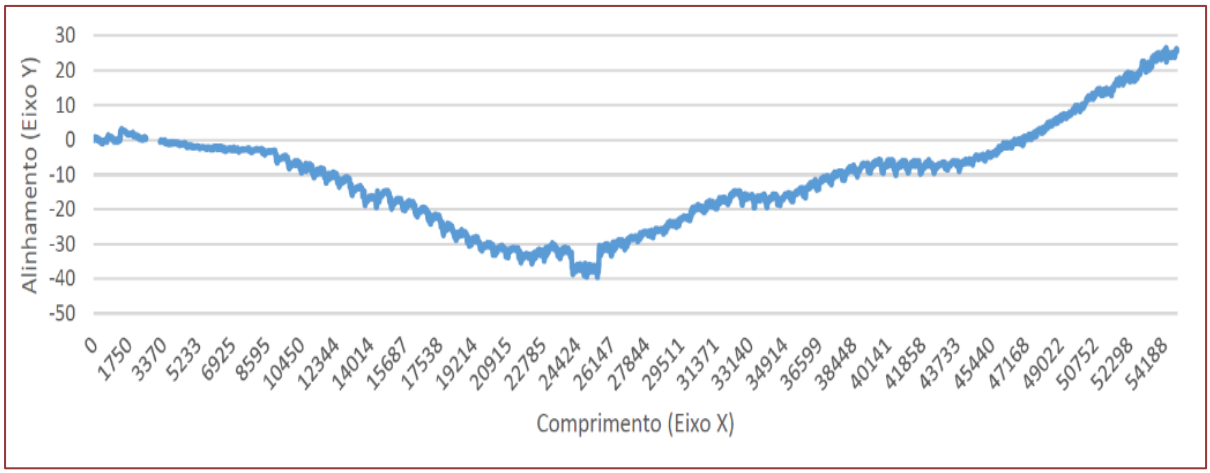
Figura 4: Posicionamento das placas carregadas no forno.



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

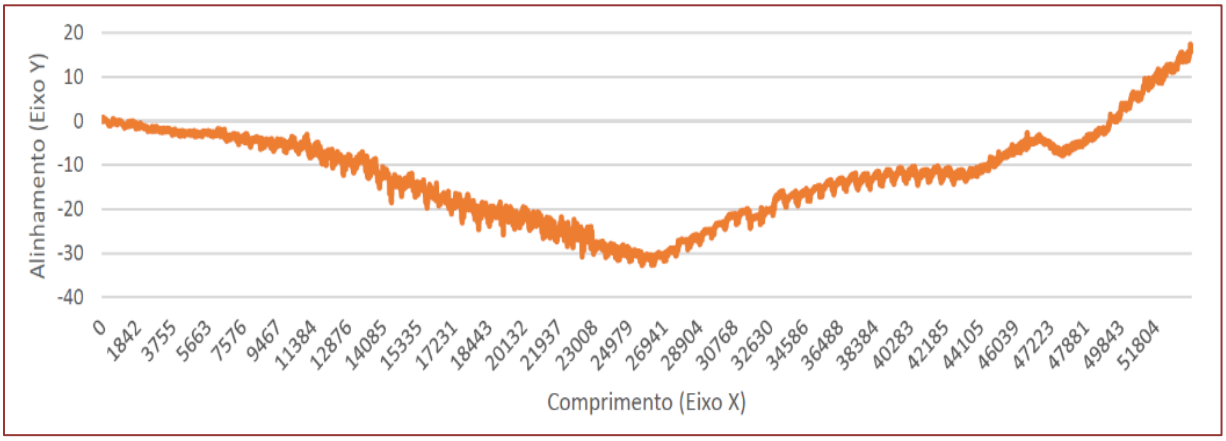
O desalinhamento da placa pode ser identificado através da topografia realizada no forno para se identificarem os pontos onde ela ocorre. A atividade foi realizada após o resfriamento do forno para manutenção preventiva; a topografia foi feita por uma empresa especializada com a utilização de equipamento laser Tracker, referenciado por ponto fixo de uma placa com comprimento de 2200mm e outra com 7950mm. Foram realizadas medições nas vigas do lado leste e oeste, o deslocamento máximo de 37mm ocorrendo no sentido oeste na posição 25m do forno, conforme os Gráfico1 e Gráfico 2, abaixo.

Gráfico 1 – Desalinhamento de viga lado leste.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Gráfico 2 – Desalinhamento de viga lado oeste.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Outro ponto avaliado foi a capacidade de carga da máquina de carregamento e descarregamento, visto que o aumento do comprimento da placa, acarretaria o aumento do peso. Seguem abaixo, na Tabela.1, os dados técnicos do fabricante para o peso máximo da placa a ser carregada.

Tabela 1 – Dados técnicos com informações sobre a capacidade de carga do forno.

– TECHNICAL DATA –	
DISCHARGING TEMPERATURE	1250 °C
PRODUCTION	220 t/h
SLAB THICKNESS (min/max)	220÷250 mm
SLAB WIDTH (min/max)	900÷2100 mm
– SINGLE ROW –	
REFERENCE SLAB (THxWxL) - MAX	250x2100x7500
SLAB LENGHT (min/max)	3600÷7500mm
MAX WEIGHT	31 ton
– DOUBLE ROW –	
REFERENCE SLAB (THxWxL) - MAX	250x2100x3600
SLAB LENGHT (min/max) double row	2200÷3600mm
MAX WEIGHT	15 ton
N°4 LIFTING CYLINDER	ø220/110x120
O.P.	147 BAR
PULL FOR N°1 CYLINDER	419 kN
TRAVELLING STROKE	4550 mm
FORWARD SPEED	V= 0.41 m/sec (24.5 m/1')

Fonte: LOI (2012). Adaptado pelo autor.

Para o *walking beam*, a carga máxima se manteria, devido à restrição de peso da máquina de carregamento.

Também foi avaliado o posicionamento da placa na mesa de carregamento devido ao risco de colisão com os aventais que estavam ajustados para o enfornamento de placas com 75000mm de comprimento.

3.2.2. PLANO DE AÇÃO

Após a coleta de dados referentes às condições atuais do posicionamento das placas no interior do forno e à capacidade de carga dos equipamentos, foram realizado o redimensionamento da placa.

3.2.2.1. REDIMENSIONAMENTO DA PLACA

Para se evitar que a placa não ultrapasse o peso nominal, a largura máxima deve ser de 1982mm como recomendado. A capacidade da máquina de carregamento e

descarregamento é de 31 toneladas com 10% de sobrecarga, podendo chegar a 34,1t; esse peso deve ser evitado. O dimensional máximo para placas com comprimento de 8000mm foi modificado, conforme a Tabela. 2, para não ultrapassar 31 toneladas.

Tabela 2 - Alteração do dimensional das placas com comprimento de 8.000mm

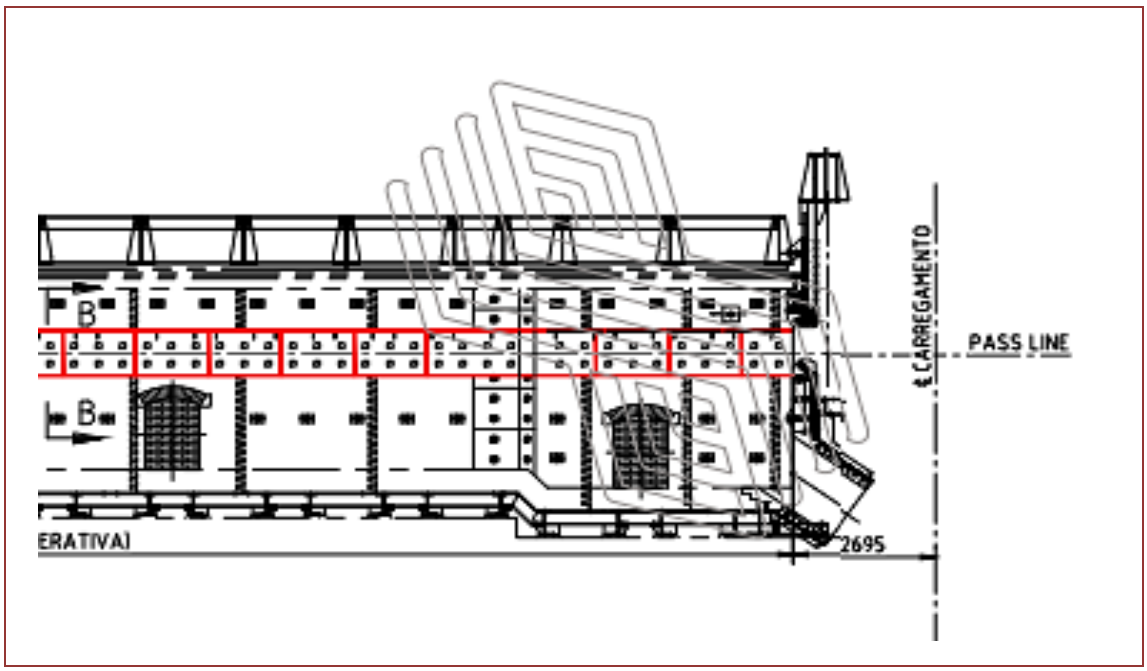
	Nominal Máxima (mm)	Modificada (mm)
Comprimento	7.550	8.000
Largura	2.112	1.912
Espessura	247	255
Peso	30.917.721	30.168.768

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

3.2.2.2. REDUÇÃO NA ESPESSURA DA PAREDE LATERAL DO FORNO

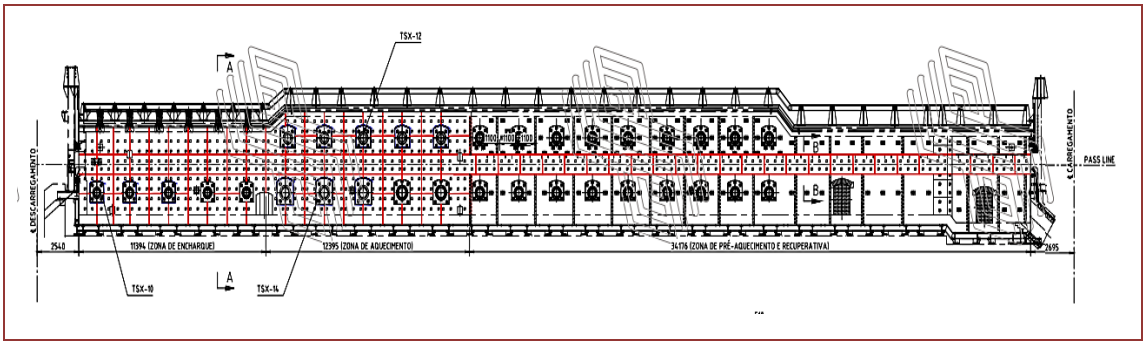
Foi feita uma redução na espessura da parede de 75mm na altura e de 950mm na região da linha de passe, conforme a Figura 6, para viabilizar o enfornamento das placas de 8000mm de comprimento, mantendo-se a distância mínima de projeto da ponta da placa para a parede. Essa redução foi realizada durante o grande reparo do forno visto a necessidade de substituir parte das paredes que estavam danificadas como mostrado nas Figura 5 e Figura 6.

Figura 5: Linha passe.



Fonte: Dados da empresa (2020)

Figura 5: Linha passe. (continuação)



Fonte: Dados da empresa (2020)

Figura 6: Parede lateral do forno danificada.

Fonte: Dados da empresa (2020)

Para viabilizar a redução de espessura da parede, a camada de isolamento foi substituída de tijolos isolantes (original) por duas camadas de placas de fibra cerâmica de 50mm cada para se reduzir a condutividade térmica; na redução da camada de trabalho houve substituição da camada de tijolo por concreto refratário aluminoso, aplicado por projeção conforme visto na Figura7.

Figura 7: Parede lateral do forno modificada.

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

3.2.2.3. AJUSTE NOS AVENTAIS DA MESA PARA CARREGAMENTO

Ao avaliar o avental de proteção da mesa de carregamento em frente ao forno foi necessário retirar 100mm de cada lado para evitar o risco de colisão da placa ao ser enfornada. O resultado pode ser avaliado na Figura18.

Figura 8: Simulção de carregamento da placa de 8.000mm de comprimento.

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Foi verificado que, para o carregamento automático da placa, não haveria nenhuma restrição no sistema.

3.3. RESULTADO OBTIDOS

Com as alterações efetivadas, é possível aumentar o número de placas carregadas no forno, conforme a Tabela. 3.

Tabela 3 - Aumento da ocupação do forno

	Atual		Modificada	
Comprimento	54.600	mm	54.600	mm
Largura	8.000	mm	8.000	mm
gap	83	mm	180	mm
n	25	placas	26	placas
peso	772.943	t	803.861	kg

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Para manter a capacidade de carga do *walking beam*, é necessário aumentar o gap para 180mm ou limitar em 26 placas de oito metros no forno.

O aumento do comprimento das placas em larguras menores do que 2.000mm possibilita o seu aumento do peso melhorando o rendimento metálico, aumentando a produção e o atendimento a clientes que necessitam de bobinas com o maior peso.

Para se avaliar o ganho com o enfornamento das placas de 8.000mm, foi analisado um período conforme as seguintes considerações:

- Pegar os dados de todas as placas laminadas por mês, em um período de seis meses, para se gerar uma média;
- Calcular o novo peso da placa caso fosse de 8000mm;
- Avaliar se a nova placa não ultrapassaria o peso máximo dos equipamentos;
- Calcular o novo peso possível de se enfornar e avaliar qual seria o ganho em peso;
- Gerar a média entre os meses avaliados e calcular o ganho em reais conforme o preço por tonelada de aço.

O período avaliado teve início em 31/05/2018 e terminou em 24/03/2019; foram avaliadas 37.698 placas, das quais foram filtradas 16.994 com comprimento de 7.500mm para serem utilizadas no estudo. O valor médio da medida das placas pode ser conferido na Tabela. 4 abaixo:

Tabela 4 - valor médio das placas de 7.500mm

Placas 7500mm			
Espessura	largura média	comprimento médio	Peso médio
247mm	1239mm	7468mm	17950kg

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Após a verificação das placas, foi feito um novo cálculo para se estimar o peso das mesmas, considerando-se o comprimento de 8000mm. A média das medidas está registrada na Tabela. 5 abaixo.

Tabela 5 - valor médio das placas de 8.000mm

Placas de 8000mm			
Espessura	largura média	comprimento médio	Peso médio
247mm	1239mm	8000mm	19256kg

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

O ganho em rendimento metálico está na Tabela. 6 abaixo:

Tabela 6 - Rendimento metálico

Soma do peso total das placas de 7500mm	Soma do peso total das placas de 8000mm	Ganho de produção
305482 t	327221 t	21739 t

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Através dos estudos feitos, o ganho de produção seria de 7% sobre o produto acabado. Baseando-se no resultado de produção da tabela 6, isso representaria um lucro bruto de R$ 7.173.870,00.

3.3.1. PRIMEIRA PLACA DE 8.000MM DE COMPRIMENTO LAMINADA

Após os ajustes mecânicos realizados na mesa de carregamento e a gaveta do refratário na parede do forno para aumentar a área de balanço da ponta da placa, foi programada a laminação das primeiras placas com 8.000mm de comprimento. A Figura 9 ilustra essa placa.

Figura 9: Primeira bobina feita com placas de 8.000mm de comprimento.

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Com os resultados satisfatorios, foi autorizado o início oficial da produção de bobinas com placas de comprimento de 8.000mm, sendo alterado o padrão operacional do forno de reaquecimento para carregamento das placas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude de cenário de crise, as empresas estão em busca de melhorias em seus processos que possibilitem o aumento da competitividade com eficiência, qualidade e custo. Nesse contexto, esta pesquisa corresponde a esses requisitos visto que o estudo se baseou em um processo produtivo cujos resultados foram satisfatórios e possibilitaram o aumento da produção.

Através da análise de processo, foi identificado que, com o aumento do comprimento da placa, ter-se-ia um ganho no rendimento metálico, mas, para tornar isso possível, as capacidades dos equipamentos deveriam ser avaliadas para que não fosse ultrapassado o limite de peso. Outro ponto foi a área útil do forno de reaquecimento que, devido ao deslocamento interno do material no sentido das laterais, poderia colidir com a parede.

As alterações realizadas representaram um baixo custo visto que a principal foi em relação à substituição do isolamento térmico da parede do forno de reaquecimento, que já era previsto antes do projeto do aumento do comprimento das placas. A única alteração foi a gaveta para que se aumentasse a área de balanço para o enfornamento de placas maiores.

Após a realização das modificações e testes a frio, pode-se produzir a primeira bobina com uma placa de comprimento de 8000mm, o que representa um ganho na produção de 7% sobre o produto acabado.

Com os resultados satisfatórios, pôde-se concluir que a engenharia teve um papel importante na análise da capacidade do equipamento para especificar o novo dimensional das placas e a solução para o aumento da área útil do forno.

REFERÊNCIAS

[1] ALERIGI JR, Alberto. Consumo de aço no Brasil no segundo trimestre pode cair 40%, teme IABr. 2020. Disponível em <www.economia,uol.com.br/noticias/reuters/2020/03/27/consumo-de-aco-no-brasil-no-segundo-trimestre-pode-cair-40-teme-iabr.htm>. Acessado em 12/06/2020.

[2] ÇENGEL, Yunus et al. Transferência de calor e massa. 4.ed. São Paulo: AMGH Editore Ltda., 2012.

[3] ESTIGARRIBIA, Juliana. Siderúrgicas Brasileiras estão entre o difícil e o incerto. 2019. Disponível em <www.exame.com/revista/entre-o-dificil-e-o-incerto/>. Acessado em 12/06/2020.

[4] SILVA, Valdir P.; PANNONI, Fabio D. Estruturas de aço para edifícios: aspectos tecnológicos e de concepção. São Paulo: Blucher, 2010.

[5] TEIXEIRA, M.H. et al. Aplicação de controle avançado nos fornos de reaquecimento de placas da linha de tiras a quente da Usiminas. Tecnologia em Metalurgia e Materiais, São Paulo, v.4, n.1, p. 30-35, jul.-set. 2007.

CAPÍTULO

04

Aumento da disponibilidade da sinterização reduzindo falhas no conjuntos de roda do carro resfriador

Humbert Barbosa de Carvalho, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Heleno Alves Barbosa, Edilberto da Silva Souza

1. INTRODUÇÃO

As grandes empresas do ramo siderúrgico e de transformação necessitam utilizar seu parque industrial 24 horas por dia, 365 dias por ano. Essas condições de utilização fazem com que as máquinas e equipamentos sejam constantemente exigidos. Com esse alto grau de necessidade de utilização para produção de bens, as paradas causam grandes prejuízos. Portanto, é fundamental que ocorra melhoria no uso das técnicas de manutenção, pois uma manutenção de qualidade significa menos tempo de horas paradas.

Todos os equipamentos sofrem desgastes à medida em que são usados. Esses danos podem ser causados por tempo de uso ou por manuseio de forma incorreta. Nesse sentido, para não reduzir a produtividade há esforço dos gestores de garantir a manutenção de máquinas industriais na empresa. Para isto tem-se de estar atento para as condições ideais que proporcionam o funcionamento do equipamento dentro das condições para as quais ele foi projetado. Baixo desempenho do equipamento deve ser tratado com metodologia especifica a fim de garantir a estabilidade requerida pelo projeto.

A competitividade de cadeias de produção concorrentes entre si em todo o mundo faz com que as empresas busquem uma melhoria contínua de seus processos visando maior disponibilidade física de seus equipamentos. Dentro desse cenário, os processos de manutenção são fundamentais, pois são eles os responsáveis por garantir a perfeita condição de operação dos equipamentos e instalações por meio da adoção de técnicas, métodos e processos capazes de aumentar a produtividade das empresas.

Neste contexto, o problema da pesquisa aborda custos elevados para o processo produtivo da sinterização e impacta diretamente na margem de ganho real da empresa. Sobre essa abordagem, importante ressaltar vários problemas que impactam em perdas relevantes para uma siderurgia, como: o custo do equipamento (vida útil), custo alto de produção devido as paradas da planta para as manutenções e perda no processo devido à quebra do ritmo operacional.

Dentro do exposto, a pesquisa tem como objetivo realizar um estudo e apresentar meios para reduzir o número de paradas não programadas causadas por falhas nos conjuntos de roda do carro resfriador de sínter de uma siderurgia para melhorar a disponibilidade. As consequências das falhas dos rodeiros do carro resfriador de sínter gera um elevado impacto no processo de sinterização, pois a queda da roda interfere no nivelamento do carro. Isso permite a passagem em excesso do sínter produto para o duto

de resfriamento dos ventiladores, que danifica a vedação do resfriador. O material acumulado no duto de resfriamento interfere no fluxo de ar dos ventiladores e a vedação danificada permite a fuga de parte desse ar diminuindo drasticamente a eficiência do resfriador. Caso a temperatura esteja acima do suportado pelas correias, elas são danificadas acarretando um custo significativo, não apenas pelo custo da correia, mas também pelo tempo de parada do processo de sinterização.

2. RESFRIADOR DE SÍNTER

O resfriador é um dos equipamentos que compõe a planta de sinterização, e é composto por uma estrutura metálica circular e possui uma entrada do sínter proveniente da máquina de sínter e uma saída com correia transportadora para o alto-forno. Para melhor compreensão, a Figura 1 ilustra o resfriador de sínter da empresa onde foi realizado este estudo.

Figura 1 – Resfriador de Sínter.

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

O sínter chega à etapa de resfriamento com uma temperatura aproximada de 800ºC. Ventiladores são utilizados ao longo do resfriador, promovendo uma troca de calor por convecção do ar à temperatura ambiente, com o sínter produto. Para mensurar a eficiência desta refrigeração forçada, a temperatura é monitorada de forma pontual por um pirômetro óptico com uma área de medição de apenas 100 mm de diâmetro. Esse monitoramento ocorre na saída do sínter, após este percorrer todo o resfriador.

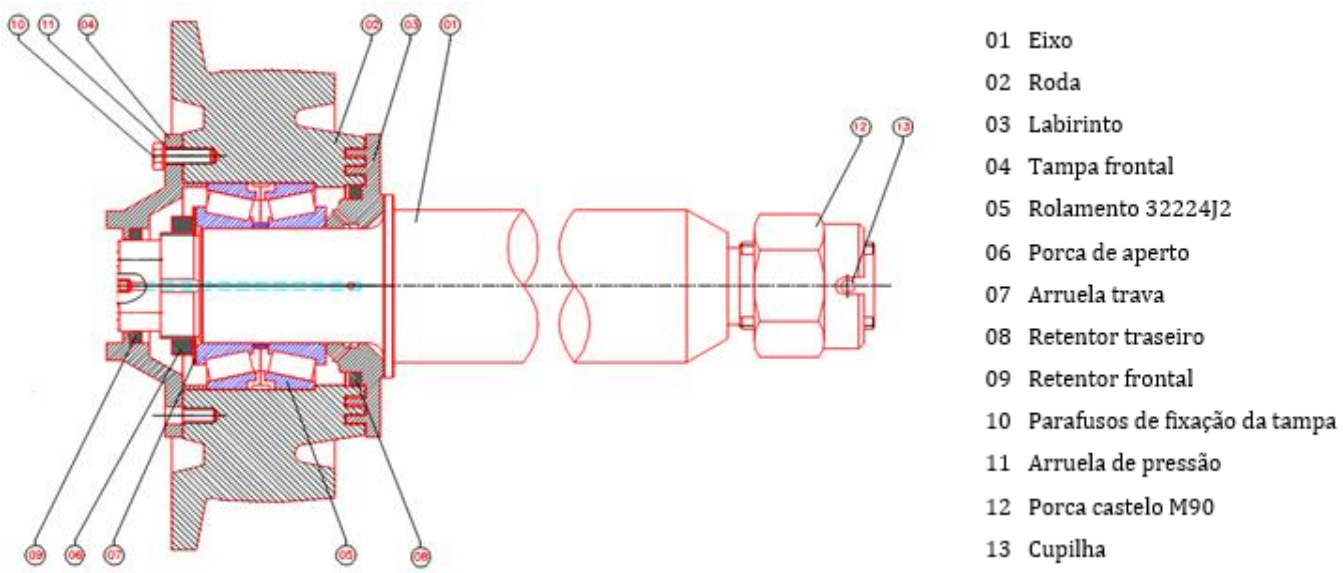
O objetivo deste monitoramento da temperatura é permitir que o operador da planta avalie o resfriamento do produto. Caso a temperatura esteja acima do suportado pelas correias, essas são danificadas acarretando um custo significativo, não apenas pelo custo da correia, mas também pelo tempo de parada do processo de sinterização. Assim, percebe-se a importância de um controle rígido desta temperatura (ALCOFORADO et al., 2014).

2.1. RODEIRO DE APOIO DOS CARROS DO RESFRIADOR DE SÍNTER

O rodeiro é um componente constituído por um eixo e uma roda de translação, sendo ambos os elementos concêntricos. A roda é fixada próxima à extremidade longitudinal do eixo por meio de elementos de fixação, isso para garantir que ao rotacionar o eixo, a roda seja consequentemente rotacionada através do par de rolamentos cônicos. Deste modo, a máquina realiza seu deslocamento ao longo dos trilhos circulares.

Na Figura 2, pode ser observado os componentes de um rodeiro.

Figura 2 – Rodeiro e seus componentes.



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

No rodeiro, a roda de translação compreende um corpo de roda abaulado e um friso tangencial a curvatura do trilho, sendo o friso associado de modo permanente a uma das extremidades laterais do corpo de roda. A face radial do corpo de roda é configurada para ser mantida em contato com a face superior dos trilhos, enquanto o friso lateral é configurado para manter a roda alinhada, tendo sua face lateral frisada sempre em contato com a face lateral dos trilhos (CESTARI, GAVA e LIMA, 2016).

2.3. ROLAMENTOS FUNCIONAMENTO E SUAS PRINCIPAIS FALHAS

De acordo com o Catalogo de rolamentos SKF, SKF PUB BU/P1 10000/2 PT.B (2015), um sistema de rolamentos é composto por muitos componentes. Estes componentes associados como o eixo e os mancais são partes integrantes do sistema como um todo, e devem ser considerados ao se especificar ou avaliar a aplicação.

O lubrificante e os elementos de vedação também exercem um papel fundamental na garantia da vida útil do rolamento. Para maximizar o desempenho do rolamento, a quantidade correta de um lubrificante adequado deve ser apresentada para reduzir o atrito no rolamento e protegê-lo contra corrosão. Os elementos de vedação são importantes porque eles mantêm o lubrificante dentro e os contaminantes fora do

rolamento. Isso é particularmente importante porque a limpeza interfere profundamente na vida útil do rolamento (SKF, 2015).

2.3.1. ROLAMENTOS DE ROLOS CÔNICOS

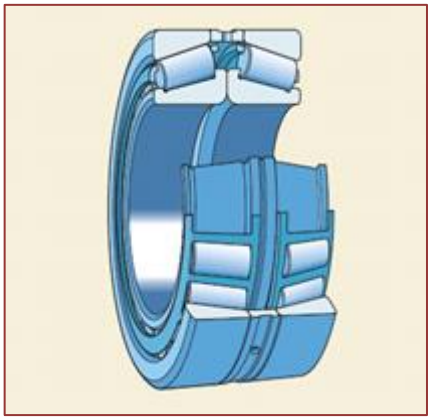
Segundo SKF (2015), os rolamentos de rolos cônicos têm pistas de anel interno e externo cônicas e rolos cônicos. Eles são adequados para suportar cargas combinadas, ou seja, cargas axiais e radiais atuando simultaneamente. As linhas de projeção das pistas convergem em um ponto comum no eixo para oferecer movimento rolante autêntico e baixo atrito. A capacidade de carga axial de rolamentos de rolos cônicos torna-se maior à medida que se aumenta o ângulo de contato.

O tamanho do ângulo está relacionado ao fator de cálculo. É comum ajustar um rolamento de uma carreira de rolos cônicos contra um segundo rolamento de rolos cônicos. Os rolamentos de uma carreira de rolos cônicos são separáveis, ou seja, o anel interno com conjunto de gaiola e rolos pode ser montado separadamente do anel externo (SKF, 2015).

2.3.2. ROLAMENTOS DE ROLOS CÔNICOS PAREADOS

Os rolamentos pareados podem ser fornecidos para arranjos de rolamentos nos quais a capacidade de carga de um rolamento simples é inadequada ou onde o eixo precisa ser fixado axialmente em ambas as direções com uma determinada pré-carga ou folga axial específica. (SKF, 2015). A Figura 3 ilustra um rolamento de rolos cônicos pareados.

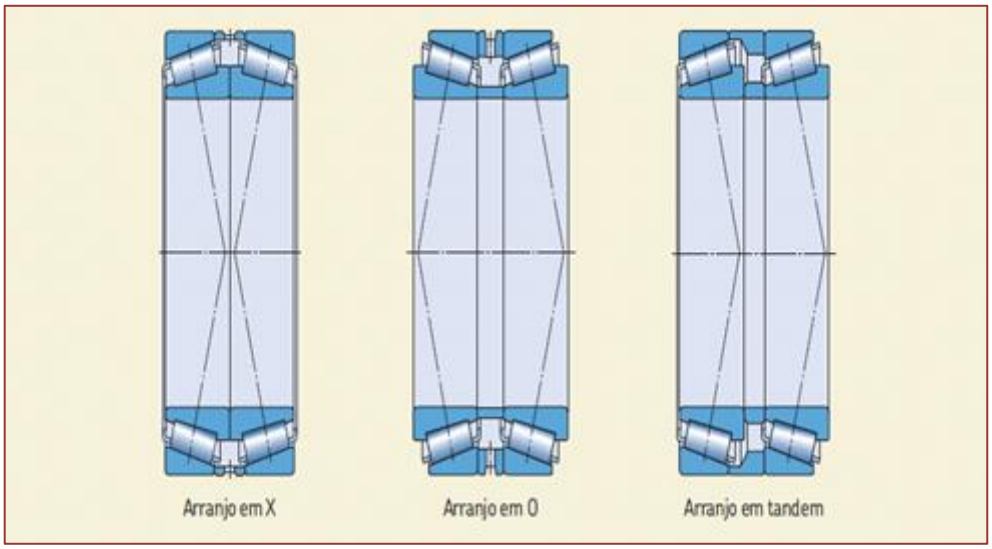
Figura 3 – Rolamentos de rolos cônicos pareados.



Fonte: SKF (2015)

Conforme apresentado por SKF (2015), os rolamentos e o(s) espaçador(es) do anel são pareados na produção e fornecidos como um conjunto. Quando montada, a carga radial é distribuída uniformemente entre os rolamentos. De acordo com as necessidades, é possível fornecer os pares combinados dispostos em X, em O ou em tandem. Na Figura 4, pode ser observado modelos desses três tipos de rolamentos.

Figura 4 – Combinações de rolamentos de rolos cônicos pareados.



Fonte: SKF (2015)

SKF (2015) explica que os rolamentos pareados dispostos em X têm linhas de carga que convergem em direção ao eixo do rolamento. Portanto, o arranjo pode suportar uma quantidade limitada de desalinhamento. É possível suportar cargas axiais em ambas as direções, porém essas são suportadas apenas por um rolamento em cada direção. O conjunto de rolamento é fornecido com um espaçador intermediário do anel externo.

Sobre os rolamentos pareados dispostos em O, SKF (2015) esclarece que eles têm linhas de carga que divergem em direção ao eixo do rolamento para fornecer um arranjo de rolamento relativamente rígido que também pode suportar momentos de inclinação. É possível suportar cargas axiais em ambas as direções, porém estas serão suportadas apenas por um rolamento em cada direção. O conjunto de rolamentos é fornecido com espaçadores intermediários do anel interno e externo.

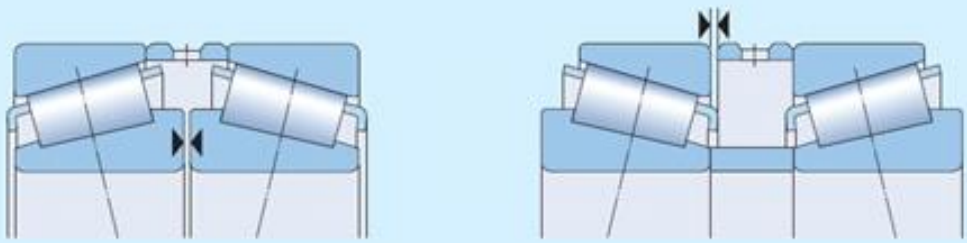
Já em relação aos rolamentos pareados dispostos em tandem, SKF (2015) ressalta que eles têm linhas de carga que são paralelas. As cargas radial e axial são igualmente compartilhadas pelos rolamentos. Esse arranjo é usado quando a capacidade de carga de um rolamento simples é inadequada. No entanto, os rolamentos pareados dispostos em tandem podem suportar cargas axiais em uma direção apenas. Se houver cargas axiais em ambas as direções, um terceiro rolamento, ajustado contra o par disposto em tandem, deve ser adicionado. O conjunto de rolamentos é fornecido com espaçadores intermediários do anel interno e externo.

2.4. FOLGA INTERNA DO ROLAMENTO

SKF (2015) informa que a folga interna do rolamento é definida como a distância total através da qual um anel do rolamento pode ser movido em relação ao outro na direção radial (folga interna radial) ou na direção axial (folga interna axial). A Figura 5 ilustra de forma esquemática folga interna axial de rolamento.

Figura 5 – Folga interna do rolamento.

Folga interna axial de rolamentos de uma carreira de rolos cônicos métricos pareados, dispostos em X ou em O



Diâmetro do furo		Folga interna axial de rolamentos pareados na série											
		329		320		330		331, 302, 322, 332		303, 323		313	
d													
sobre	incl.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		µm											
–	30	–	–	80	120	–	–	100	140	130	170	60	100
30	40	–	–	100	140	–	–	120	160	140	180	70	110
40	50	–	–	120	160	180	220	140	180	160	200	80	120
50	65	–	–	140	180	200	240	160	200	180	220	100	140
65	80	–	–	160	200	250	290	180	220	200	260	110	170
80	100	270	310	190	230	350	390	210	270	240	300	110	170
100	120	270	330	220	280	340	400	220	280	280	340	130	190
120	140	310	370	240	300	340	400	240	300	330	390	160	220
140	160	370	430	270	330	340	400	270	330	370	430	180	240
160	180	370	430	310	370	–	–	310	370	390	450	–	–
180	190	370	430	340	400	–	–	340	400	440	500	–	–
190	200	390	450	340	400	–	–	340	400	440	500	–	–
200	225	440	500	390	450	–	–	390	450	490	550	–	–
225	250	440	500	440	500	–	–	440	500	540	600	–	–
250	280	540	600	490	550	–	–	490	550	–	–	–	–
280	300	640	700	540	600	–	–	540	600	–	–	–	–
300	340	640	700	590	650	–	–	590	650	–	–	–	–

Fonte: SKF (2015)

SKF (2015) ainda expõe que é necessário distinguir entre a folga interna inicial do rolamento antes da montagem e a folga operacional interna, que se aplica a um rolamento em operação que tenha atingido uma temperatura estável. Em quase todas as aplicações, a folga inicial do rolamento é maior do que sua folga operacional. A diferença pode ser atribuída à necessidade de um ajuste interferente no eixo e/ou no mancal, juntamente com a expansão térmica dos anéis dos rolamentos e componentes associados.

2.5. AJUSTE DA USINAGEM DO EIXO

O ajuste da usinagem do eixo, segundo SKF (2015), é recomendado de acordo com o diâmetro do eixo para montagem do conjunto de rolamentos montados em “O”.

SKF (2015) expõe que a folga interna axial de rolamentos pareados dispostos em “O” proporciona uma folga operacional apropriada quando os rolamentos forem montados em eixos usinados com:

- diâmetros menores ou iguais a 140 mm é usado a tolerância m5.
- diâmetros maiores que 140 mm ou menor igual a 200 mm é usado a tolerância n6.
- para diâmetros maiores que 200 mm é usado a tolerância p6.

2.6. MONTAGEM

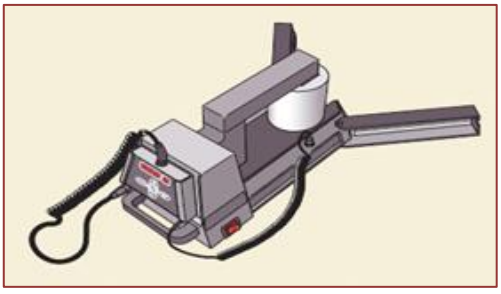
Para SKF (2015) rolamentos de rolos cônicos são elementos confiáveis da máquina que podem proporcionar vida útil longa, desde que tenham montagem e manutenção adequadas. A montagem correta exige experiência, precisão, um ambiente de trabalho limpo e ferramentas apropriadas. A montagem correta dos rolamentos costuma ser mais difícil do que parece, especialmente quando se trata de rolamentos grandes. Os rolamentos devem ser montados em uma área seca, livre de poeira e afastada de máquinas que gerem limalha e poeira. Quando os rolamentos precisarem ser montados em uma área desprotegida, o que normalmente acontece com rolamentos grandes, devem ser tomadas ações para proteger o rolamento e a posição de montagem contra contaminantes, como poeira, sujeira e umidade. Isso pode ser feito cobrindo-se ou enrolando-se os rolamentos, os componentes de máquinas etc. com plástico ou folha.

Antes da montagem, SKF (2015) explica que é necessário certificar se todas as peças, ferramentas, equipamento e dados necessários estejam prontamente disponíveis. Também é aconselhável revisar quaisquer desenhos ou instruções para determinar a ordem e direção corretas que os componentes devem ser montados. Esse autor ainda relata que é viável deixar os rolamentos em suas embalagens originais até imediatamente antes da montagem para que não sejam expostos a quaisquer contaminantes. Caso haja risco de que os rolamentos sejam contaminados em decorrência de manuseio indevido ou embalagens danificadas, eles devem ser lavados e secos antes da montagem.

Na montagem a quente, SKF (2015) informa que geralmente, não é possível montar rolamentos maiores sem aquecer o rolamento ou o mancal, uma vez que a força necessária para montar um rolamento aumenta consideravelmente com o aumento do tamanho do rolamento. A diferença de temperatura necessária entre o anel do rolamento e o eixo ou mancal depende do grau de interferência e do diâmetro do assento do rolamento. Rolamentos abertos não devem ser aquecidos a mais de 120 °C.

SKF (2015) ainda explica que ao aquecer rolamentos, é necessário evitar o superaquecimento. Para aquecer rolamentos de maneira uniforme, os aquecedores por indução elétricos são recomendados, um modelo desse tipo de aquecedores pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 – Aquecedor por indução elétrica.



Fonte: SKF (2015)

3. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado em uma empresa siderúrgica localizada no Alto Paraopeba em Minas Gerais. Ele tem como objetivo realizar um estudo para reduzir o número de paradas não programadas causadas por falhas nos conjuntos de roda do carro resfriador de sínter de uma siderurgia a fim de melhorar a disponibilidade dos equipamentos.

A pesquisa tem características bibliográfica, documental, exploratória e aplicada. A pesquisa bibliográfica teve maior abrangente a autoria de SKF (2015), que é o fornecedor de rolamentos dos conjuntos de roda do carro resfriador de sínter da empresa onde foi realizado este estudo. Assim, dados foram coletados dos documentos da empresa para análise e o estudo foi realizado para identificar as causas das falhas nos conjuntos de roda do carro resfriador de sínter.

As falhas nos conjuntos de roda do carro resfriador de sínter eram recorrentes e se apresentavam por diversos motivos. As falhas foram citadas como críticas devido seu alto número de recorrência e estão sempre ligadas a falhas mecânicas.

Os dados foram obtidos através do registro no sistema de controle chamado de POS2; que é um *software* que registra as interrupções programadas e não programadas do processo de produção além de todos os dados referentes à eficiência dos processos. No Quadro 1, é apresentado parte do relatório de registros de parada da máquina de sínter.

Quadro 1 – Falhas registradas no POS2 (Representativo)

Relatório de Paradas da Máquina de Sínter 2

Período: 01/01/2014 a 25/10/2018

Data	Processo	Equipamento	M	Tipo	Início	Fim	Tempo	Turno	Letra	Observação	Usuário
23/01/2014											
	Sinterização	Máquina de Sinter		TMNP	03:34	05:57	02:23	A	C	M - Travamento do resfriador.	MARCOCH
10/04/2014											
	Sinterização	Máquina de Sinter		TMNP	15:28	16:00	00:32	B	C	M - Travamento do resfriador.	MARCOCH
	Sinterização	Máquina de Sinter		TMNP	16:00	23:38	07:38	C	A	M - Travamento do resfriador.	SILVA84
03/05/2014											
	Sinterização	Máquina de Sinter		TMNP	09:32	12:15	02:43	B	A	M- Travamento do Resfriador.	luizps
12/05/2014											
	Sinterização	Máquina de Sinter		TMNP	07:00	07:09	00:09	A	A	M- Colocar catraca em um eixo da roda do resfriador.	luizps
02/06/2014											
	Sinterização	Máquina de Sinter		TMNP	04:07	08:00	03:53	A	B	Travamento do resfriador.	PSANTOS
	Sinterização	Máquina de Sinter		TMNP	08:00	11:08	03:08	B	A	M - Travamento do resfriador.	SILVA84
06/06/2014											
	Sinterização	Máquina de Sinter		TMNP	11:54	12:10	00:16	B	C	M - Levantar o setor número 07 do resfriador com catracas (roda interna soltou).	MARCOCH

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Para melhor entendimento, qualquer dano nas rodas do carro resfriador de sínter ocasiona parada imediata da planta com indisponibilidade da produção em sua totalidade.

Nesse sentido, o principal objeto de estudo desta pesquisa são as falhas mecânicas no conjunto de roda, suas possíveis causas e as ações para evitar a falha. Assim, foi determinado o prazo de análise entre os anos de 2014 a 2018. Logo, foram contabilizadas 7.480 minutos de indisponibilidade.

3.1. BRAINSTORMING PARA IDENTIFICAR AS CAUSAS DAS FALHAS

Em sequência, foi feito o Brainstorming com a equipe de manutenção e operadores para identificar as causas das falhas que possivelmente geravam a queda do conjunto de rodas. Com os resultados desse estudo o Quadro 2 foi desenvolvido com a aplicação da metodologia Diagrama de Causa e Efeito.

Quadro 2 – Brainstorming, organizado em um Diagrama de Causa e Efeito

	Máquina		**Mão de obra**
Causa provável	Difícil detecção das falhas nos conjuntos de roda	Causa provável	Montagem do conjunto fora do especificado no projeto
Por que?	Rotação lenta	Por que?	Método de aquecimento ineficiente
Por que?	**Com rotação lenta as falhas do rolamento não se apresentam**	Por que?	**São inseridos falhas por aquecimento indevido**
Por que?		Por que?	
Por que?		Por que?	
Por que?		Por que?	
	Método		**Meio ambiente**
Causa provável	Eixo com interferencia de montagem errada	Causa provável	Contaminação do rolamento na montagem
Por que?	Eixo usinado com tolerancia JS6	Por que?	Montagem do conjunto realizada em área sujeito a contaminação
Por que?	Ajuste JS6 possibilita deslocamento axial do rolamento	Por que?	**Impurezas contidas no equipamento e no ambiente são inseridas nos rolamentos**
Por que?		Por que?	
Por que?		Por que?	
Por que?		Por que?	
	Medida		
Causa provável	Folga interna axial do rolamento fora da especificada pelo fornecedor		
Por que?	**Falha no ajuste do anel espassador entre os rolamentos**		
Por que?			
Por que?			
Por que?			
Por que?			

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

3.2. DESENVOLVIMENTO DAS AÇÕES

Inicialmente para realizar o desenvolvimento das ações a serem implementadas, dados do resfriador de sínter foram levantados, sendo:

- Rotação do resfriador: 1 volta por hora
- Rotação da roda: 1rpm
- Lubrificante atual: Ipiranga Litholine EP2
- Sistema de aplicação: Lubrificação manual.
- Periodicidade da lubrificação: a cada dois meses.
- Capacidade produtiva nominal: 285 ton/h
- Número de carros do resfriador: 54
- Número de rodas: 108

Em seguida, informações sobre o tipo de rolamentos utilizados coletadas. Essas podem ser observadas no rolamento em destaque E2.32022X no Quadro 3.

Quadro 3 – Tipo do rolamento aplicado

Dimensões principais			Classificações básicas de carga		Limite de carga de fadiga	Classificações de velocidade		Massa	Designação	Série de dimensões de acordo com a norma ISO 355 (ABMA)
d	D	T	dinâmica C	estática C_0	P_u	Velocidade de referência	Velocidade-limite			
mm			kN		kN	r/min		kg	–	–
100	215	51,5	402	490	53	2 400	3 200	7,95	30320 J2	2GB
cont.	215	56,5	374	465	51	2 200	3 000	8,6	31320 XJ2/CL7CV0051	7GB
	215	77,5	572	780	83	2 200	3 200	12,5	32320 J2	2GD
105	160	35	201	335	37,5	2 800	3 800	2,45	32021 X/Q	4DC
	160	43	246	430	45,5	2 800	3 800	3	33021/Q	2DE
	190	39	270	355	40	2 600	3 400	4,3	30221 J2	3FB
	190	53	358	510	55	2 600	3 400	6,05	32221 J2	3FC
	225	81,5	605	815	85	2 000	3 000	14	32321 J2	2GD
110	150	25	125	224	24	3 000	4 300	1,25	32922/Q	2CC
	170	38	232	320	32,5	3 400	3 600	2,95	E2.32022 X	4DC
	170	38	233	390	42,5	2 600	3 600	3,05	32022 X/Q	4DC
	170	47	281	500	53	2 600	3 600	3,85	33022	2DE
	180	56	369	630	65,5	2 600	3 400	5,5	33122	3EE
	200	41	308	405	43	2 400	3 200	5,05	30222 J2	3FB
	200	56	402	570	61	2 400	3 200	7,1	32222 J2	3FC
	240	54,5	473	585	62	2 200	2 800	11	30322 J2	2GB
	240	63	457	585	61	1 900	2 800	12	31322 XJ2	7GB
	240	84,5	627	830	86,5	1 900	2 800	16,5	32322	2GD
120	165	29	165	305	32	2 600	3 800	1,8	32924	2CC
	170	27	157	250	26,5	2 600	3 800	1,75	T4CB 120	4CB
	180	38	242	415	42,5	2 400	3 400	3,3	32024 X	4DC
	180	48	292	540	56	2 600	3 400	4,15	33024	2DE
	215	43,5	341	465	49	2 200	3 000	6,1	30224 J2	4FB
	215	61,5	468	695	72	2 200	3 000	9,05	32224 J2	4FD

Fonte: (SKF, 2015)

3.2.1. PROBLEMAS COM A DETECÇÃO DAS FALHAS

Dadas às condições de operação do resfriador de sínter, os métodos de análise preditiva nas rodas do carro resfriador não são eficazes. Isso devido à baixa rotação do equipamento, que não gera vibração, ruído e/ou aquecimento elevados que possam caracterizar falha no conjunto.

Por deficiência no sistema de detecção de falhas, não é possível realizar uma intervenção preventiva. Desta forma, a falha é detectada somente após a quebra do equipamento, que ocasiona alto número de paradas para manutenção corretiva que acarretam perdas no processo produtivo.

3.2.2. PROBLEMAS NA TOLERÂNCIA DE USINAGEM NO EIXO

A fim de reduzir o número de paradas não programadas foi realizado um estudo para averiguar qual a causa das falhas. Como resultado foi identificado o maior número de ocorrências devido ao deslocamento das rodas no eixo que leva a sua queda.

Observou-se que o eixo dos conjuntos danificados apresenta desgaste, a vista disso foi feita a revisão do desenho de fabricação desses. Nesse processo, ficou constatado que a tolerância dimensional solicitada no projeto divergia da tolerância especificada pelo fabricante para a montagem do rolamento.

Conforme o diâmetro de 120mm a tolerância js6 permite uma variação de -0,011 a +0,011mm, enquanto que a tolerância m5 (indicada pelo fabricante) permite uma variação de +0,013 a +0,028mm. Essa diferença é a provável causa do deslocamento axial da pista interna do rolamento e o consequente deslocamento da roda.

3.2.3. PROBLEMAS NO AJUSTE DO ANEL ESPAÇADOR

Foi detectado também que durante as manutenções corretivas, não eram realizados os ajustes necessários para a definição da folga interna do rolamento realizado por meio do anel espaçador. Em pesquisa realizada com os profissionais envolvidos nas atividades de manutenção, foi detectado que este ajuste não era feito devido à dificuldade de realização em campo, visto que qualquer alteração no dimensional do anel é feita por processos de usinagem, acarretando maior tempo de parada do equipamento.

3.2.4. FALHAS NA MONTAGEM POR AQUECIMENTO INDEVIDO

Outra falha identifica, foram erros na montagem de rolamentos, que provocam falhas prematuras. Métodos de montagem que recorrem ao maçarico não são eficientes, pois não geram um aquecimento uniforme, além de não ser possível efetuar um controle preciso da temperatura de aquecimento. Isso pode afetar as propriedades físicas e mecânicas do material, diminuindo a vida útil do rolamento.

3.2.5. IMPUREZAS NOS ROLAMENTOS DURANTE A MONTAGEM

Acrescenta ainda, que em processos produtivos como o de sinterização o nível de partículas em suspensão presentes no ambiente é muito elevado. Assim, a grande quantidade de material que se desprendem do sínter transportado pelo carro em estudo que ficam sobre os equipamentos e instalações da planta.

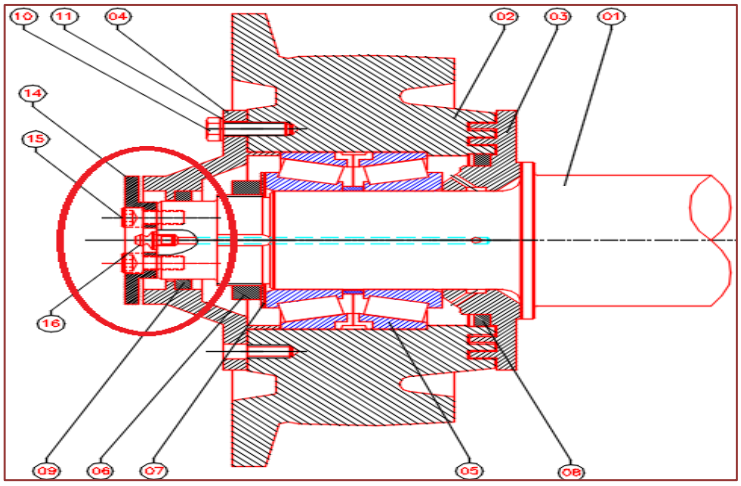
Durante a troca dos rolamentos realizada em campo, dada às condições do ambiente, não é possível evitar a contaminação dos componentes, isto é inserindo impurezas. Quando em contato com as pistas de rolamento e elementos rolantes, causam um desgaste prematuro dos componentes, o que reduz a vida útil do rolamento.

3.3. SUGESTÕES DE MELHORIA

As sugestões de melhoria propostas foram baseadas na alteração da tolerância dimensional do eixo e do procedimento de montagem.

Como apresentado anteriormente, não é possível uma análise preditiva da falha, assim foi desenvolvido um sistema de batente instalado na face do eixo onde foi definida uma folga de 1mm entre o batente e a tampa da roda. Na Figura 7, é apresentado o desenho de conjunto com a instalação do batente e parafusos de fixação, itens 14 e 15.

Figura 7 – Desenho revisado do rodeiro com batente.



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Essa alteração apresentada na figura 7, tornou possível a verificação de deslocamento da roda no eixo por meio da variação desta folga. Essa verificação passou a ser realizada periodicamente durante as rotinas de inspeção mecânica por meio da utilização de calibradores de folga.

Na revisão do desenho de conjunto foi solicitada também a alteração da tolerância dimensional do diâmetro do eixo de js6 para m5, conforme especificado pelo fabricante do rolamento. Esta medida visa aumentar a interferência entre eixo e rolamento, evitando falhas por deslocamento axial do conjunto.

Em relação ao ajuste do anel espaçador, como não é viável a realização do ajuste da folga por necessitar de processos não disponíveis em campo, foi definido que na solicitação para compra dos rolamentos fosse alterado de rolamento simples para o par completo de rolamento. Isso devido que o par completo é fornecido com o anel espaçador e a folga dentro das tolerâncias exigidas. Isso para eliminar possíveis falhas por utilização de folgas fora da tolerância.

Sobre o processo de montagem, baseado na verificação da folga entre batente e tampa da roda, é possível avaliar previamente quando um conjunto começa a apresentar deslocamento, o que possibilita o planejamento e manutenção de forma programada. Desta forma, foi sugerido a montagem dos conjuntos de roda em oficina, que dispõem de melhores recursos e condições de instalação, o que minimiza a possibilidade de contaminação do rolamento e permite a montagem com aquecimento por indução realizando um aquecimento uniforme do rolamento com precisão no controle de temperatura o que torna a montagem mais eficiente e com maior qualidade. Sendo assim, quando é detectado falha nos conjuntos de roda do carro resfriador de sínter, o conjunto de roda é trocado por completo, por um sobressalente previamente requisitado, e o conjunto danificado é enviado para oficina, onde é realizado a manutenção do conjunto, que se tornará o novo sobressalente. Apenas de forma ilustrativa, a Figura 8 apresenta um conjunto completo de rodas.

Figura 8 – Conjuntos de roda completos (sobressalentes).

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento deste estudo, foram aplicadas as modificações nos conjuntos de roda do carro resfriador de sínter, que passaram a ser trocados na reforma que teve início no mês de maio 2018.

Fato era que no período de estudo onde foram coletados os dados de parada provocadas pelas falhas, de janeiro de 2014 até a data da reforma no dia 21 de maio de 2018 ocorreram 226 falhas, totalizando 7.480 minutos de parada. Como resultado desta pesquisa, os índices de falhas caíram consideravelmente. Após a reforma, que voltou a operação no dia 11 do mês de junho de 2018 até a data de 25 de outubro de 2018, houve 1 ocorrência, totalizando 18 minutos de parada do processo produtivo.

O estudo de caso das rodas do carro resfriador de sínter mostrou que com manutenção adequada, realizando a montagem de forma correta, seguindo as tolerâncias dimensionais definidas pelo fornecedor, é possível garantir a estabilidade operacional e a redução dos custos com reposição de estoques e com manutenções não planejadas.

REFERÊNCIAS

[1] ALCOFORADO, G. N. G. Processamento de Vídeo para Estimação da Curva de Resfriamento em uma Planta de Sinterização, XX Congresso Brasileiro de Automática, Belo Horizonte, 2014.

[2] CESTARI, J. S., GAVA, M. R., LIMA, A. L. C., Rodas para Trucks de Translação, Vale S.A., 2016

[3] SKF. Rolamento de esferas. 2015. Disponível em: https://catalogos.abecom.com.br/catalogos-skf/1-Catalogo-Geral-Rolamentos.pdf. Acesso: 03/03/2018.

CAPÍTULO

05 Eficiência da manutenção X Nível de conhecimento dos técnicos dos colaboradores em uma Aciaria de usina siderúrgica

Matheus Freire Santos, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Edilberto da Silva Souza, Nilo Antunes Ferreira

1. INTRODUÇÃO

O setor siderúrgico é constituído por diversas empresas de grande porte. Normalmente, essas organizações operam as várias etapas do processo siderúrgicos, desde a entrada das matérias primas até a transformação do minério de ferro em ferro-gusa que ocorrem nos Alto Fornos. Segundo Carvalho, Mesquita e Araújo (2015), a transformação do ferro-gusa em aço ocorre no pelo processo de Fusão e Refino na Aciaria. O aço é utilizado para produzir produtos nos diversos tipos de Laminações.

Silva (2011) explica que a aciaria e o lingotamento em uma usina siderúrgica possuem a função de produzir aço em forma de produtos semiacabados (tarugos, blocos, *beam blanks* lingotes, placas, etc.). Essa unidade fundamental do processo produtivo possui diversos maquinários e equipamentos de grande importância e necessitam de uma rotina de manutenção, para manter sua estabilidade e confiabilidade.

Um dos processos mais importantes na Aciaria é a manutenção mecânica. Conforme Moro (2007) trata-se de um conjunto de técnicas de prevenção necessárias, que visam sempre um funcionamento estável, permanente e adequado de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Os cuidados incluem a preservação, a adequação, a restauração, a substituição e a prevenção, visando sempre um maior desempenho e funcionalidade do ativo, consequentemente uma maior entrega e previsibilidade. Isso com o propósito de evitar quebras dispendiosas e pôr fim a exposição de funcionários a acidentes e a situações críticas de restabelecimento de função.

Uma parte fundamental da manutenção são os técnicos em mecânica que estão envolvidos diretamente com o processo, eles enfrentam diversas dificuldades no processo de manutenção, como: falta de conhecimento teórico-prático, dificuldades de interpretação do que é necessário ser realizado, falta de treinamentos técnicos e até mesmo falta de desenhos e manuais técnicos sobre o equipamento. Os técnicos em mecânicas devem possuir um nível mínimo para atuar na função e normalmente são distribuídos de acordo com seu nível de conhecimento técnico, sua capacidade de tomar decisões e resolver situações adversas. Na localidade que foi realizada a pesquisa, a distribuição dos técnicos em mecânica é da seguinte forma: equipes de inspeção, equipe de manutenção preventiva e equipe de manutenção corretiva.

Diante disso, um fato que pode gerar certo desconforto é saber se realmente os técnicos em mecânicos possuem um nível de conhecimento adequado para realização da função. Assim sendo, esta pesquisa foca em buscar algumas informações sobre o profissional, e posteriormente verificar o nível de entendimento sobre os conteúdos de manutenção mecânica e realizar uma avaliação e análise a partir do material coletado.

Neste contexto, esta pesquisa tem como objetivo melhorar o nível de conhecimento dos técnicos mecânicos buscando maior eficiência e produtividade das entregas da manutenção, observando se o meio onde eles estão inseridos oferecem condições suficientes para a desenvolvimento profissional.

2. SIDERURGIA E O PROCESSO DA ACIARIA

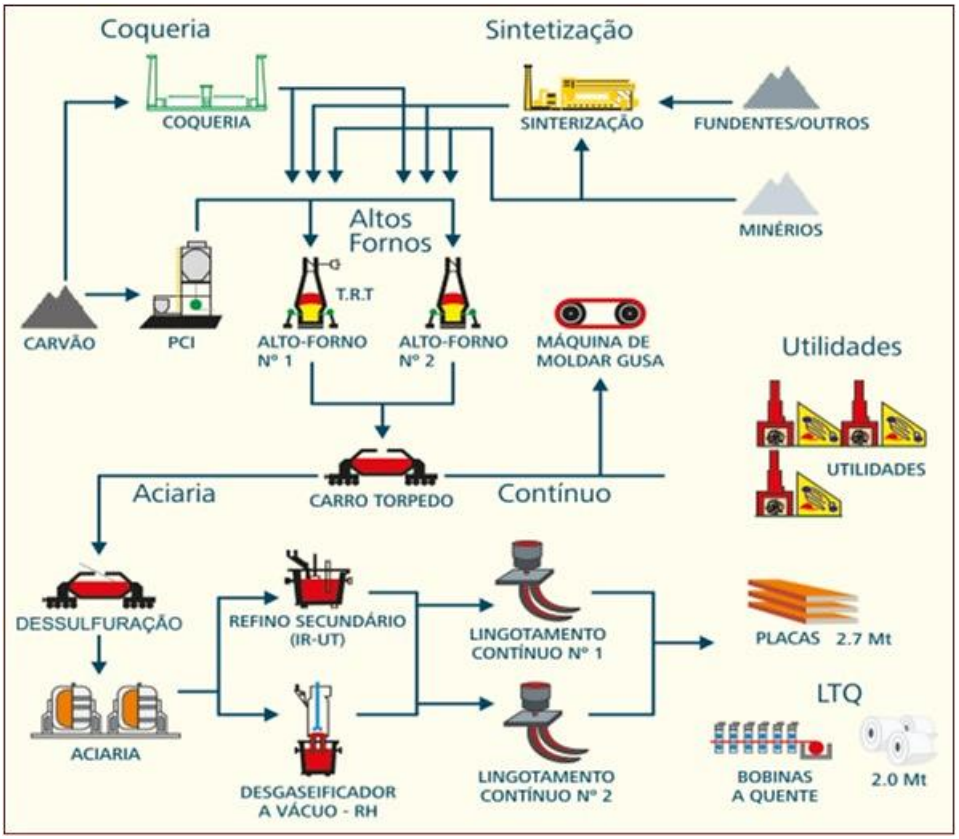
Botelho (2011) informa que a Siderurgia é o ramo da Metalurgia destinado ao processo de fabricação do aço e seu tratamento. Desta forma, é o conjunto de processos físicos e químicos que são responsáveis pera a obtenção do aço.

O aço é o material mais empregado na indústria. Ele pode possuir diversas formas e especificações, sempre com intuito de satisfazer à demanda de variados setores como a indústria automobilística, construção civil, máquinas e equipamentos, eletrodomésticos, utilidades domésticas, embalagens, recipientes, o aço é a base para um número infinito de produtos desenvolvidos pela indústria.

Silva (2011) explica que a matéria prima do aço podemos encontrá-la na natureza misturada com outros elementos em forma de minério, ou seja, o aço é obtido a partir do óxido de ferro que é um dos metais mais comuns na crosta terrestre. O ferro-gusa é o produto da redução do minério de ferro em um Alto-forno que contém elevado teor de carbono, devido ao contato próximo com o coque ou carvão vegetal os quais atuam como combustível e redutor simultaneamente. O ferro-gusa após o final do processo no Alto-forno é enviado para Aciaria através de carros torpedos. Para melhor entendimento, a Figura 1 apresenta o fluxograma completo de uma siderúrgica.

A Figura 1 ilustra o fluxograma completo de uma siderúrgica, desde a entrada das matérias primas do processo formadas por meio da Coqueria e Sinterização, até a redução desse material juntamente com minério de ferro no alto forno, e formação do ferro-gusa, a transformação do ferro-gusa em aço nos Convertedores da Aciaria e, posteriormente, o tratamento mais refinado dos aços acrescentado ligas desejáveis nas plantas de Desgaseificador a Vácuo (RH) e Forno Panela. Silva (2011) esclarece que o lingotamento contínuo possui a função de conformação necessária do material, por fim o material semiacabado é enviado as Laminações que fazem o produto final e destinado ao cliente.

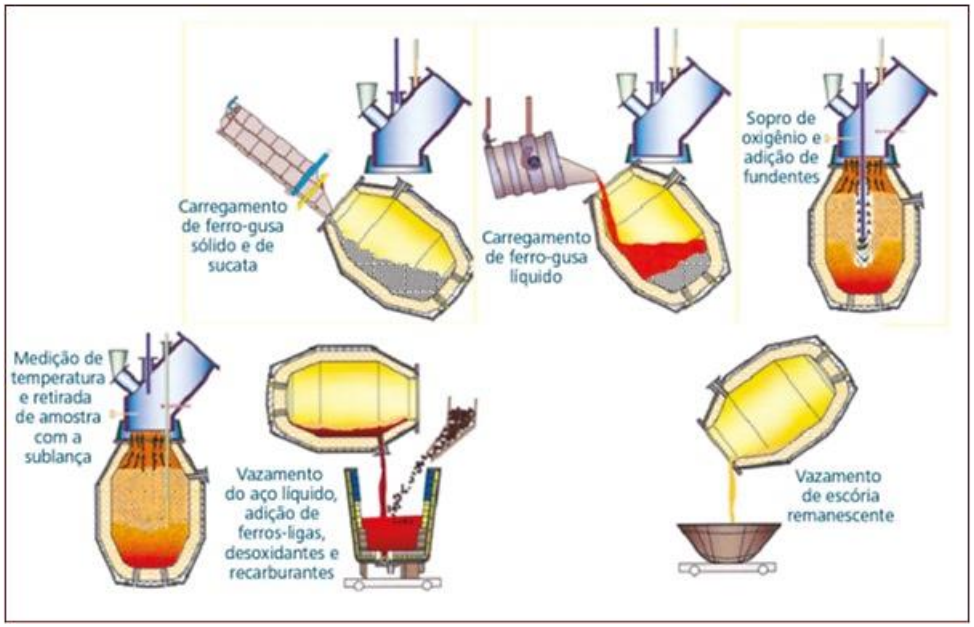
Figura 1: Fluxograma de Usina Siderúrgica.



Fonte: ABM BRASIL (2022)

Aciaria é a unidade fundamental de uma usina siderúrgica, cuja função é transformar ferro-gusa em Aço, através de um processo metalúrgico que envolve calor, sopro de oxigênio e adição de sucata metálica, o tratamento deste aço no Refino Secundário e posteriormente formação de produtos semiacabados, tais como blocos, *beam blanks*, lingotes, placas e tarugos, através do processo do lingotamento contínuo ou convencional. Aço é toda liga ferro-carbono com teor de carbono, variando de 0,008% a 2,0%, maleável e que na sua composição química possui elementos como o silício, manganês, fósforo, enxofre e dentre outros resultantes do processo de fabricação. A composição química de um aço é parte essencial do processo. Quando o aço não atende a composição estabelecida (fora da faixa), e suas propriedades não forem próprias para o fim a que elas foram projetadas, o aço pode ser reclassificado ou ser sucateado (SILVA, 2011). Na Figura 2 demonstra o processo completo da transformação ferro-gusa em Aço em um convertedor.

Figura 2: Sequência de operação Convertedor.



Fonte: Rizzo (2006)

A manutenção é essencial nos processos industriais em geral, pois engloba diversas práticas que visam o aumento da confiabilidade de máquinas e equipamentos. Koyano (2008) ressalta que uma manutenção adequada gera poucas interrupções operacionais, melhora a qualidade, pois máquinas e equipamentos recebem menos ajustes durante sua rotina operacional, diminui os custos, porque quando bem preservados através de rotinas de limpeza e lubrificação os equipamentos funcionam com maior eficiência e aumenta a vida útil e garante a segurança. Equipamentos bem mantidos possuem uma menor possibilidade de apresentar um comportamento imprevisível ou não padronizada.

Aciaria possui uma grande gama de máquinas e equipamentos tais como: sistemas hidráulicos e sua grande variedade de componentes, cabos de aço, trilhos, rolamentos, cilindros hidráulicos e pneumáticos, diversos tipos de válvula com tamanho e funções distintas, redutores, acoplamentos, polias, engrenagens, eixos maciços ou *cardans*, mancais, tambores, correias transportadoras, roletes, raspadores, tubulações e mangueiras em diversos diâmetro, correntes e correias, vasos de pressão, filtros de agua, ar e óleo, peneiras, calhas, chutes de transferência, rodas, gaxetas e uma outra infinidade de equipamentos.

2.1. RECURSOS PARA REALIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO

Mobley (2002) advoga que a manutenção existe desde os primórdios, o primeiro relato de existência foi nos meados do século XVIII. Desde o primeiro relato até a atualidade houve uma grande evolução devido à necessidade de mantem máquinas e equipamentos em perfeito estado de utilização dentro dos processos.

No entanto, para que a manutenção ocorra de forma adequada, Moro (2007) menciona que é necessário estrutura e recursos. Esse autor apresenta quatro recursos básicos, que são:

> Recursos materiais – equipamentos de teste e de medição, ferramentas adequadas, espaço físico satisfatório, ente outros. Recursos de mão-de-obra - dependendo do tamanho da empresa e da complexidade da manutenção aplicada, há a necessidade de uma equipe formada por profissionais qualificados em todos os níveis; Recursos financeiros – necessários para uma maior autonomia dos trabalhos; Recursos de informação - responsável pela capacidade de obter e armazenar dados que serão a base dos planos de manutenção. (MORO, 2007, P. 9)

Todos esses quatro recursos apresentados por Moro (2007) são vitais para funcionamento eficiente da manutenção. Nesse contexto, esta pesquisa foca no técnico em mecânica que é o profissional legalmente habilitado que realiza as atividades de instalação e manutenção de máquinas e equipamentos industriais. Realizando a coordenação de equipes de trabalhos e apoiando na elaboração de projetos e na execução de desenhos de equipamentos industriais e seus componentes. Os serviços de rotina da manutenção na grande maioria são realizados por técnicos em mecânica, diversas vezes são divididas em estruturas propostas pela empresa. Os técnicos mecânicos que exercem a função de inspetor realizam inspeção e verificação das condições técnicas das unidades das máquinas. A detecção e a identificação de pequenos defeitos dos elementos das máquinas, a verificação dos sistemas de lubrificação, constatação de falhas de ajustes bem como o ajuste finos necessários.

Os técnicos mecânicos de execução realizam serviços periódicos de manutenção tanto preventivos como corretivos. As atividades são integradas de diversos procedimentos que buscam manter a perfeita funcionalidade da máquina e equipamentos. Algumas outras atividades de manutenção costumam-se ser realizadas durante paradas longas dos equipamentos por motivos de quebra de peças (o que pode ser evitado) ou outras falhas, ou enquanto se o planeja outra atividade. Reparos não programados ocorrem e são conhecidas como Manutenção Corretiva. Pereira e Neves (2011) expõem que o acompanhamento e o registro sobre o equipamento, assim como das atividades, são informações importantes e vitais em um programa de manutenção eficiente.

Nessa mesma abordagem, Zarifian (1995) mostra a importante dos técnicos mecânica para o processo de manutenção, ao explanar que o recurso humano é apontado como fonte de confiabilidade dos sistemas de produção, sendo assim um mantenedor ativo da confiabilidade sistêmica e não apenas um simples vigilante das instalações. Esse autor demonstra que o recurso humano é peça chave para eficiência de qualquer processo organizacional.

3. ESTUDO DE CASO

Esta pesquisa é um estudo de caso com abordagem quantitativa e qualitativa, de natureza exploratória e aplicada. Ela foi realizada com os Técnicos Mecânicos da Aciaria de uma usina siderúrgica da região do Alto Paraopeba, tendo como objetivo verificar o nível de conhecimento dos técnicos em mecânica. O estudo ocorreu no período de janeiro a julho de 2022.

No desenvolvimento da pesquisa, foram aplicados dois questionários. O primeiro constituído por duas questões com a finalidade de identificar o perfil dos técnicos mecânicos, e o segundo com 15 (quinze)questões com o propósito de identificar o nível de conhecimento dos participantes relacionado a manutenção mecânica.

Esses questionários foram aplicados aos técnicos em mecânica da empresa que possuem pelo menos um ano de experiência na função. Esse público foi definido pelo fato de já ter uma certa vivência e consequentemente ter uma base necessária para responder os questionários. Porém, é importante ressaltar, que a amostra foi constituída pelos técnicos em mecânica que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, autorizando o uso dos dados para publicação. Desta forma, a amostra foi constituída por 12 técnicos mecânicos.

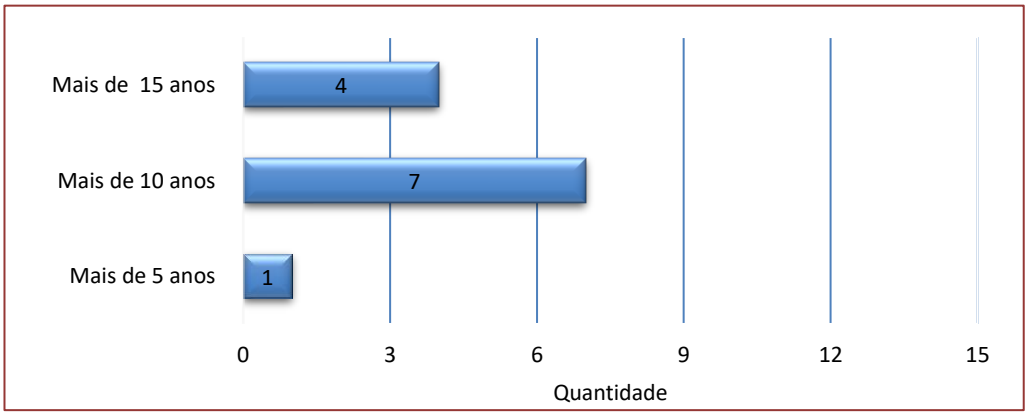
As respostas foram analisadas, conforme técnica definida por Bardin (2011), que consiste em três etapas: Pré-análise, Exploração do material e Tratamentos dos resultados.

3.1. RESULTADO DO QUESTIONÁRIO – CATEGORIA PERFIL DOS TÉCNICOS MECÂNICOS

Conforme dito anteriormente, o primeiro questionário buscou identificar o perfil dos técnicos mecânicos que realizam as manutenções no setor de aciaria da siderurgia onde foi realizada esta pesquisa. Na apresentação dos resultados desta pesquisa, os técnicos mecânicos também são denominados de colaboradores.

A primeira questão buscou identificar o tempo que os colaboradores trabalhavam com manutenção mecânica. O Gráfico 1 apresenta os resultados desta pergunta.

Gráfico 1 – Tempo de experiência com Manutenção.

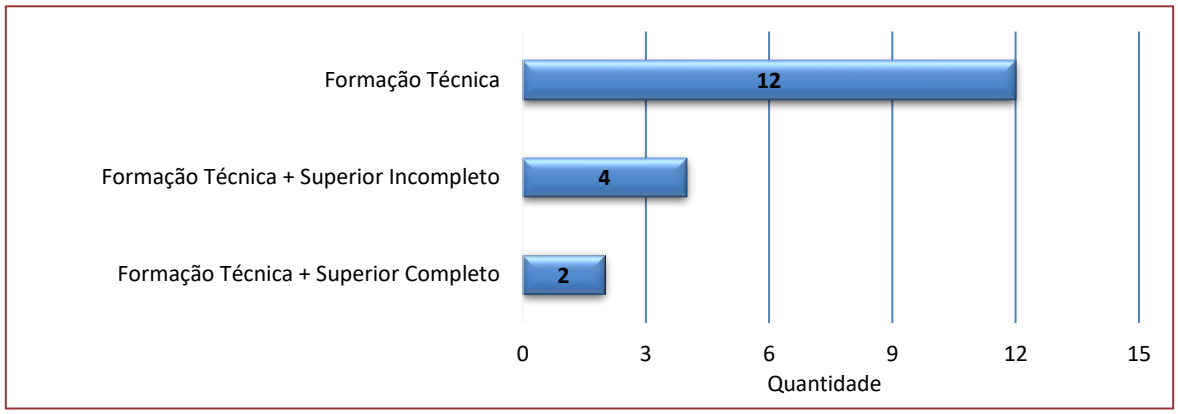


Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Conforme pode ser observado no Gráfico 1, a maioria dos participantes da pesquisa possuíam acima de 10 anos experiência. Isso significa que, provavelmente, os conteúdos que foram abordados em algum momento fizeram parte da sua rotina de trabalho.

A segunda questão abordou o nível de escolaridade dos Técnicos Mecânicos. Os resultados dessa questão podem ser observados no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Nível de escolaridade dos Técnicos.



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Ao observar o Gráfico, pode afirmar que todos os colaboradores que participaram da pesquisa, possuem no mínimo curso técnico. Observa-se também que 50% dos técnicos mecânicos da amostra possuem superior completo ou incompleto. Com essas informações podemos interpretar que grande parte da equipe de técnicos mecânicos busca ter formação não somente na área técnica, como também em nível superior.

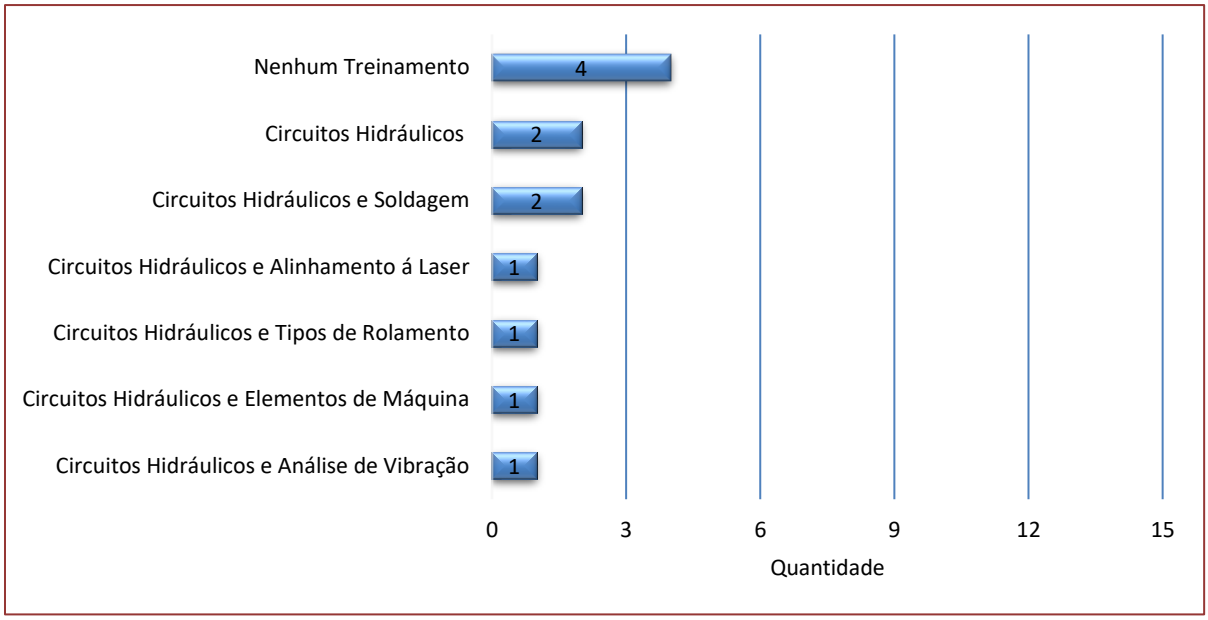
3.2. RESULTADO DO QUESTIONÁRIO – CATEGORIA NÍVEL DE CONHECIMENTO

O Segundo questionário buscou identificar o nível de conhecimento dos técnicos mecânicos na área de atuação. Esse, como dito antes, foi composto por 15 questões e seus resultados são apresentados a seguir.

A primeira pergunta buscou identificar o tempo que os técnicos mecânicos concluíram os estudos. Após apuração dos dados, foi identificado que 58,3%, grande maioria finalizou os estudos nos últimos 8 anos; 33,3% estão cursando superior e uma pequena parte da amostra, 8,4% finalizaram os estudos há mais de 8 anos.

Na segunda questão, a pesquisa buscou identificar os treinamentos que os técnicos mecânicos participaram na empresa na área de atuação. Os resultados dessa pergunta podem ser verificados no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Cursos oferecidos pela empresa.



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Por meio da resposta apresentadas no Gráfico 3, identifica-se que 66,67% dos técnicos mecânicos que compõem a amostra realizou curso de circuitos hidráulicos na empresa. Outro fato relevante a apresentar, segundo resposta dos respondentes, é que os cursos de circuitos hidráulicos que foram disponibilizados pela empresa enfatizaram hidráulica básica, avançada ou ambos os conteúdos. Observa-se também no Gráfico 3 que os colaboradores participaram de complementação de formação técnica ao cursarem os cursos de soldagem, 16,67% da amostra; alinhamento à laser, tipos de rolamento, elementos de máquinas e análise de vibração, esses realizados por 8,33%. Por outro lado, importante destacar que foi identificado que 33,33% não realizou nenhum treinamento na área de atuação.

Em sequência, na terceira questão, a pesquisa buscou identificar se os colaboradores fazem cursos na área de atuação externo a empresa (por conta própria). Os resultados dessa pergunta apresentaram que somente 16,67% da amostra realizaram cursos e especializações da área de manutenção mecânica.

Outro assunto abordado, na quarta pergunta, foi a atividade dentro da função exercida que os colaboradores têm maior dificuldade e que necessitariam de curso de formação e aperfeiçoamento. Como resultado, foi identificado que é curso circuitos hidráulicos, esse foi apontado por 66,67% da amostra. Acrescenta ainda que os outros 33,33% responderam de maneira isolada cursos de soldagem, desenho técnico, resistência dos materiais e termodinâmica.

Ao realizar um paralelo com a questão 2, que abordou os cursos que foram realizados pelos colaboradores na empresa, pode afirmar que a empresa promoveu curso para a formação dos técnicos mecânicos conforme necessidade que eles apresentaram nesta pesquisa para realizarem suas atividades, isto é curso de circuitos hidráulicos.

Na quinta pergunta, foi questionado aos técnicos mecânicos: "*O que deveria ser feito para elevar o nível de conhecimento dos mantenedores mecânicos?*" Com a apuração das respostas, foi identificado que 100% dos colaborados que compunham a amostra responderam que a empresa deveria qualificá-los com maior número de treinamentos técnicos na área de atuação. Isso com certeza ajudaria a evoluir o conhecimento teórico dos mantenedores, uma ressalva importante a parte teórica sem a prática não é tão válido, portanto, os treinamentos deveriam ser voltados para o cotidiano que o colaborador está inserido.

Em continuidade, as dez próximas questões foram agrupadas em áreas de conhecimentos, conforme pode ser observado no Quadro 1:

Quadro 1 – Áreas de Conhecimentos Abordadas nas Questões

Questões	Área de Conhecimento
6 e 7	Rolamentos
8 e 9	Metrologia e Desenho Técnico
10 e 11	Circuitos Hidráulicos
12 e 13	Cabo de Aço
14 e 15	Elementos de fixação e Elementos de vedação

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Os resultados das questões 6 a 15 foram tratados por meio de índices de acerto em 3 grupos: alto índice de acerto, quando a assertividade superior a 70%; índice médio de acerto; taxa de sucesso variou entre 40 e 70%; e baixo índice de acerto, no qual a taxa de sucesso da questão foi inferior a 40%. A análise realizada baseia-se na construção que os técnicos fizeram para chegar à resposta e os cinco parâmetros propostos apresenta síntese de ideias e conteúdo a melhorar.

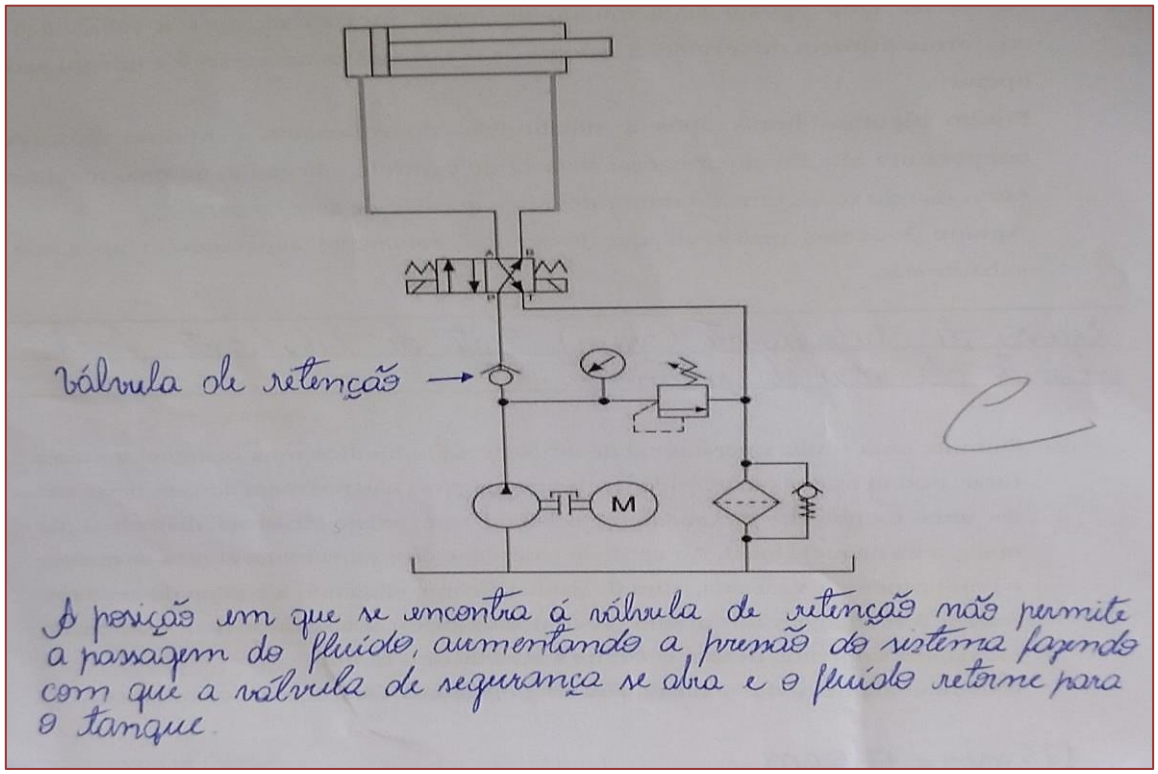
Nesse contexto, as questões 6 e 7 que abordaram assuntos da área de conhecimento rolamento, apresentaram resultados de alto índice de acerto das respostas a essas perguntas dadas pelos técnicos mecânicos. Um fato relevante é que foram apontados diversos possíveis problemas durante a montagem do componente, demonstrando conhecimento e prática a respeito de montagem de rolamentos.

Nas questões de 8 e 9, é avaliado se os técnicos compreendem assuntos voltados para metrologia e desenho técnico. Durante a análise das respostas da pergunta 8, observou-se que os técnicos erraram, na maioria das situações. Foi identificado que os técnicos mecânicos tiveram dificuldade ao interpretar a questão, como também para efetuar cálculos matemáticos e conversões de unidades. Apesar de todo apoio tecnológico que facilita a rotina na manutenção, é trivial que os colaboradores tenham conhecimento de elementos básicos e necessários para execução da função ter realizarem conversões básica de unidade e cálculos matemáticos. Apenas para compreensão, vale informar que foi solicitado aos técnicos mecânicos nesta pesquisa apenas cálculos simples de matemática, isto é as quatro operações básicas: somar, subtrair, multiplicar e dividir. Dessa forma, o índice de acerto foi baixo nas questões 8. Por outro lado, a pergunta 9,

obtiveram um índice de acerto alto, visto que se tratava de uma representação de desenho técnico muito usado principalmente na construção e montagem de equipamentos.

Circuito Hidráulicos foi o assunto abordado nas questões 10 e 11 do questionário. Com essas perguntas foi avaliado se os técnicos compreendem assuntos correlacionados a circuitos hidráulicos. Por meio das respostada a essas duas questões, foi obtido um índice de acerto alto. As análises necessárias para chegar as respostas foram construídas de forma muito coesa e clara. Esse resultado vai em encontro com a resposta da questão 2, que apresentou que os técnicos mecânicos, 66,67% da amostra, fizeram treinamentos na empresa voltados para circuitos hidráulicos. Outro fato a relatar é que esse resultado vai oposto a resposta identificada na questão 4, que apresentam com resultado que os colaboradores têm maior dificuldade na área de conhecimento circuitos hidráulicos. Apenas como forma de ilustração, a Figura 3 apresenta a resposta dada por um dos técnicos que compõem a amostra à questão 10.

Figura 3: Construção correta da questão 3.



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

As questões 12 e 13 referiram-se a cabo de aço e, ao apurar os resultados das respostas a essas duas perguntas, os técnicos mecânicos obtiveram índice de acerto médio. Vale informar que esse conhecimento deve ser reforçado dentro da empresa, pois fatos ocorrem frequentemente dentro da siderurgia que necessita de rotina de manutenção em cabo de aço.

Por fim foram aplicadas as questões 14 e 15, que tratam de elementos de fixação e de elementos de vedação. Nos resultados dessas duas perguntas, os técnicos mecânicos obtiveram índice de acerto baixo na questão 14 e índice de acerto alto na pergunta 15. Uma das causas do índice baixo de acerto da questão 14 pode ser devido ao vício que os colaboradores têm com elemento de fixação, ou seja, na grande maioria das vezes os

técnico mecânicos utilizam de porca para fixar parafuso, no entanto não atentam ou não possuem o conhecimento sobre tipo de rosca, diâmetro do parafuso, passo do filete de rosca, resistência mecânica do parafuso, etc.

O instrumento de pesquisa demonstrou algumas limitações quanto à análise do resultado, uma vez que o conteúdo de mecânica é muito vasto e rico. No entanto, ele permitiu identificar que os técnicos mecânicos que participaram da pesquisa têm dificuldade com assuntos específicos como metrologia, elementos de fixação e cabos de aço.

Por fim, diante dos parâmetros abordados, foi possível identificar esse o nível de conhecimento global dos técnicos mecânico da Aciaria é atingiu o resultado de 70%.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo permitiu identificar o nível de conhecimentos dos técnicos mecânicos sobre assuntos referentes às atividades que exercem na função para realizarem manutenções mecânicas nos equipamentos e máquinas de uma Aciaria de uma Siderurgia situada na região do Alto Paraopeba em Minas Gerais. Foram abordados assunto das mais diversas áreas de conhecimento que são necessários os colaboradores terem para efetivarem suas atividades.

Os participantes demonstraram um índice alto de acerto, sendo que algumas justificativas podem ser: domínio sobre o conteúdo de forma teórica e experiência prática. Um fato a destacar é que a empresa promoveu treinamentos voltados para circuitos hidráulicos e foi obtido um índice alto de acerto nesse quesito. Isso mostra a importância dos treinamentos para realização das funções.

Os outros resultados a enfatizar, é a dificuldade na interpretação de texto, transformações de unidades e cálculos básicos de operações matemática. Nesse quesito, é sugerido a empresa proporcionar treinamentos aos técnicos mecânicos, treinamentos esses promovam a participação dos colaboradores vivenciando situações reais envolvendo a necessidade de interpretar e realizar cálculos de transformações de unidades de medidas com a utilização das operações básicas da matemática.

Como os resultados obtidos, foi identificado que os técnicos mecânicos precisam aperfeiçoar nas áreas de metrologia, elementos de fixação e cabos de aço. Desta forma, sugerimos que a empresa forneça treinamentos para as equipes de técnicos mecânicos nessas áreas de conhecimento. Isso para evitar que manutenções sejam realizadas com não conformidade e evitar falha no processo que possa vir a parar a todo o sistema produtivo. Assim, poderá minimizar custos e qualificar o recurso mais preciso da empresa: o recurso humano.

REFERÊNCIAS

[1] ABM BRASIL. Fluxograma completo de uma siderúrgica. Disponível em: <www.abmbrasil.com.br/cim/.../Chiabi-Gestao-de-Seguranca.pps>. Acesso em: 18/10/2022

[2] BARDIN, L. Análise de conteúdo. São Paulo: Edições 70, 2011, 229 p.

[3] BOTELHO, V. Conceito de Siderurgia. In: Literatura mecânica: o seu guia de conhecimento sobre mecânica. 13, Jun. 2011. Disponível em: <https://literaturamecanica.wordpress.com/2011/06/13/conceito-de-siderurgia/>. Acesso em: 7

[4] CARVALHO, P. S. L.; MESQUITA, P. P. D.; ARAÚJO, E. D. G. Sustentabilidade da siderurgia brasileira: eficiência energética, emissões e competitividade. BNDES Setorial, v. 41, p. 181-236, 2015.

[5] KOYANO, M. Ferramentas da Qualidade. Móbile chão de fábrica. Mobilizar – Programa Móbile de Treinamento Industrial. Porto Alegre – RS. Alternativa Editorial Ltda. 2008.

[6] MOBLEY, R. K. An Introduction to Predictive Maintenance. 2nd ed., United States of America (USA): Butterworth. 2002. 459 p.

[7] MORO, N. Introdução a gestão da manutenção. Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina – Gerência educacional de metal mecânica (Curso técnico de mecânica indústria). Florianópolis. 2007.

[8] PEREIRA, A. L.; NEVES, F. L. Gestão da Manutenção. SENAI – Centro de Formação Profissional Alvimar Carneiro de Rezende. Sistema Fiemg. Contagem – MG. 2011.

[9] RIZZO, Ernandes Marcos da Silveira. Introdução aos Processos de Refino Primário dos Aços nos Conversores a Oxigênio. Editora ABM, 2006. 118 p

[10] SILVA, J. N. S. Siderurgia. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Escola Técnica Aberta do Brasil. Belém do Pará – PA. 2011.

[11] ZARIFIAN, P. Le Travail et l'événement. Paris: L, Harmattan. 1995

CAPÍTULO

06 Análise da ruptura de parte de um cone de injeção finos de carvão: Um estudo de caso para o aumento da confiabilidade de um alto forno

Erivelton do Carmo Santos Vasconcelos, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Heleno Alves Barbosa, Nilo Antunes Ferreira

1. INTRODUÇÃO

Dimancescu e Swenger (1997) esclarecem que o desenvolvimento de um produto pode impulsionar uma companhia ou acabar com ela. Para a produção dos produtos, as organizações necessitam de profissionais com conhecimentos específicos dos processos produtivos e de serviços para manter os processos em perfeitas condições de trabalho.

Quando uma organização desenvolve um produto, devido à falta de conhecimentos específicos dos profissionais, acarretam gastos significativos para a empresa, como exemplo: custos com elevados níveis de estoque, de produção e de serviços. De encontro a essas informações, sabe-se que com o aumento da concorrência em busca de novos mercados, sobreviverão as organizações que reduzirem custos diretos e indiretos de produtos e serviços dos processos produtivos.

Um dos custos que impactam nos gastos de qualquer empresa são os de manutenções de máquina e equipamentos. Nesse cenário, a confiabilidade de componentes mecânicos de máquinas e de equipamento do processo produtivo corresponde à probabilidade de desempenhar adequadamente as atividades por um determinado período sob condições ambientais pré-determinadas. A garantia da confiabilidade leva as organizações a uma maior produtividade e redução dos custos com serviços de manutenção.

Em uma siderurgia no processo de injeção de finos de carvão pulverizado, o cone de injeção, componente mecânico, é fundamental para garantir o escoamento de carvão até o componente final, “ventaneiras”, do sistema de admissão de ar no interior do alto-forno. Para melhor entendimento, a injeção de finos de carvão se dá através de lanças inseridas no interior das ventaneiras e os finos de carvão chegam ao interior do alto forno por meio de uma linha pressurizada, onde a pressão na linha tem que ser maior que a pressão no interior do Alto-forno.

Para auxiliar no transporte de finos de carvão, é utilizado um fluxo gasoso de nitrogênio, o qual permite a condução dos finos desde a saída dos silos de armazenamento ou sistemas de dosagem a planta de sistema de injeção de finos ao interior do Alto-forno. Ao sair da lança de injeção, as finas partículas de carvão entram em contato com o ar quente, com o oxigênio de “enriquecimento” e inicia-se a combustão que reduzirá o minério de ferro em ferro gusa líquido. (MOTTA ET AL, 2010)

Pode-se então entender a influência da taxa de injeção na eficiência de combustão do carvão pulverizado. A partir do conceito da combustão, entende-se que o aumento da quantidade de combustível sem proporcional aumento nas quantidades de calor e comburente reduzirá a eficiência da combustão. Em outras palavras, quanto maior a injeção carvão, menor será a eficiência da combustão. Por isso é necessário a busca do equilíbrio operacional.

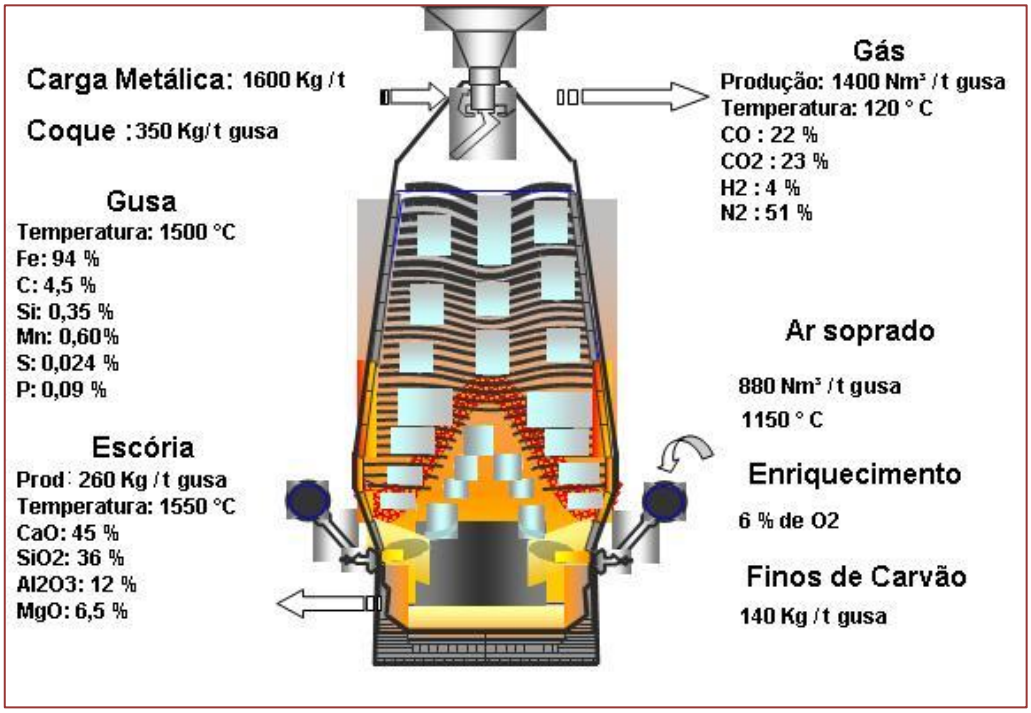
Caso ocorra a quebra do cone de injeção, o escoamento do fluido torna-se turbulento causando variações no sistema de injeção de finos. Com a quebra desse componente, parte do corpo do cone de fluidização obstrui a saída do material pulverizado para tubulação de injeção, onde se faz necessário a intervenção da manutenção para restabelecer o processo produtivo. Com isso os equipamentos do sistema de injeção são retirados de operação causando descontrole na produção de ferro gusa líquido, além da elevação do custo gusa, pelo aumento da adição de coque e parada para manutenção.

Nesse sentido, esta pesquisa teve como objetivo identificar as causas que provocam ruptura de parte do cone de injeção de fino de carvão no interior de um Alto-forno siderúrgico.

2. FUNCIONAMENTO DO ALTO-FORNO

Segundo Mourão *et al* (2007), um alto-forno constitui o principal reator utilizado na metalurgia do ferro. A metalurgia do ferro consiste na redução dos óxidos dos minérios de ferro pelo emprego de um redutor, que é um material a base de carbono – carvão mineral ou vegetal. De forma ilustrativa, a Figura 01 apresenta o esquema de uma alto-forno.

Figura 1 - Alto-forno



A Figura 01 mostra uma representação esquemática de um Alto-forno e as reações químicas que ocorrem no processo metalúrgico de redução no seu interior. Durante o processo, à medida que o fluxo aquecido de gás oxigênio passa em contracorrente através da carga metálica. Há transferência de calor que permite ativar as reações de redução. De acordo com as reações internas, o alto-forno pode ser dividido em zonas de pré-aquecimento e de redução.

Mourão et al (2007) explana que a injeção de combustíveis auxiliares pelas ventaneiras do alto-forno surgiu como uma alternativa à utilização do coque como combustível cujo custo é elevado. O coque é produzido a partir dos chamados carvões coqueificáveis, que representam apenas 10% das reservas mundiais de carvões minerais. Os outros 90% não são aplicáveis ao processo siderúrgico. No entanto, existem combustíveis auxiliares mais comumente utilizados para injeção em altos-fornos, que são: finos de carvão mineral não-coqueificável, finos de carvão vegetal, gás natural e óleo combustível.

Conforme Motta et al (2011), a injeção de carvão pulverizado num alto-forno aumenta a produtividade do reator metalúrgico. Isso ocorre porque os finos injetados permitem reduzir a quantidade de coque carregada pelo topo do alto-forno. Desse modo, o valor da produção diária aumenta.

A principal fonte de energia para o processo siderúrgico em um alto-forno, além do ar soprado à elevada temperatura, é a queima do oxigênio com os combustíveis carregados. Ao aumentar a taxa de enriquecimento com oxigênio, aumenta-se a quantidade de energia que é introduzida no alto-forno por unidade de tempo, como consequência haverá aumento de sua produtividade.

É usual enriquecer o ar injetado com oxigênio. Quando se emprega combustível auxiliar, tem-se assim um fator adicional para aumentar a produtividade do alto-forno. Um aumento excessivo na taxa de injeção, no entanto, pode prejudicar a produtividade, devido à presença de carvão não queimado na zona de combustão.

Devido ao rápido tempo de resposta, o controle térmico, decorrente de flutuações operacionais normais do processo, pode ser feito pela adição ou retirada de finos de carvão e pela adição ou retirada de energia do processo, na forma de temperatura de sopro, oxigênio ou carvão pulverizado.

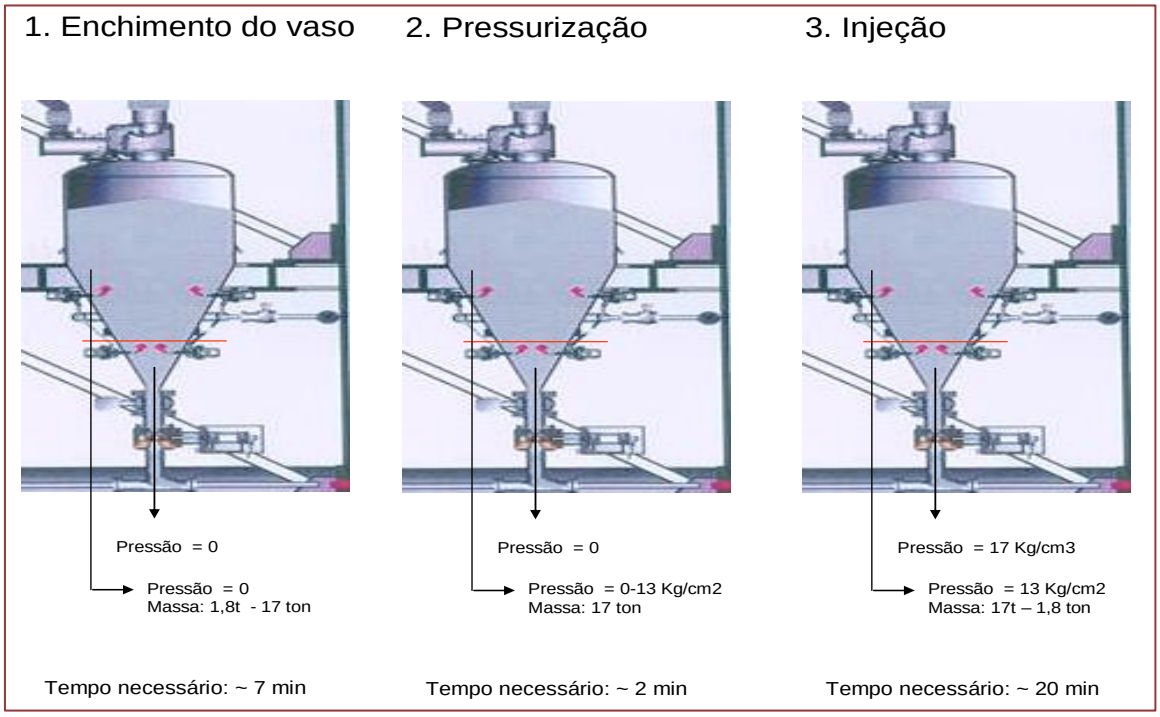
Motta et al (2011) explica que a injeção de carvão se dá através de lanças, inseridas no interior das ventaneiras. O carvão é injetado até o interior do alto-forno por meio de uma linha pressurizada (a pressão na linha tem que ser maior que a pressão no interior do alto-forno). Para auxiliar no transporte do carvão pulverizado desde a unidade de PCI (*powder coal injection*) até o interior do alto-forno, é utilizado nitrogênio gasoso. Ao sair da lança de injeção, as partículas de carvão entram em contato com o ar soprado (ar quente) e o oxigênio de enriquecimento. Em seguida, as partículas entram em combustão, através das das etapas de desgaseificação e ignição das matérias voláteis; queima das matérias voláteis; queima do carvão; e início combustão

2.1. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE INJEÇÃO

Motta et al (2010) informam o funcionamento do processo injeção de carvão pulverizado ocorre por meio de três etapas operacionais: enchimento do vaso, pressurização e injeção. O enchimento do vaso é a condição que o vaso de injeção recebe

o carvão pulverizado. A pressurização é a condição que o vaso de injeção após receber o carvão pulverizado e pressurizado com nitrogênio. E, por fim, a injeção é a condição que o vaso de injeção esta abastecido, pressurizado e iniciado o deslocamento dos fluidos (carvão nitrogênio) até o Alto-forno. A Figura 2 ilustra características dessas etapas de operacionais.

Figura 2 - Características das Etapas Operacionais dos Vasos de Injeção



A Figura 2 mostra uma representação esquemática do vaso de injeção para cumprir um ciclo de três etapas. O sistema de injeção necessita de componentes auxiliares que são: válvula de segurança, válvula de entrada (FV 4110), válvula de alívio (PCV 4214), válvula de fechamento (HV 4286); válvula de medição (FCV 4260) e manômetro (0 à 20 bar).

3. O ESTUDO DE CASO

Esta pesquisa é um estudo de caso que ocorreu em uma empresa do setor siderúrgico com o foco de identificar as causas da quebra dos cones de injeção de fino de um alto-forno. A pesquisa teve natureza descritiva e exploratória.

A empresa onde foi desenvolvido esta pesquisa situa-se na região do Alto Paraopeba em Minas Gerais, no setor de produção de aço, onde se encontra o alto-forno. Ela foi desenvolvida no período de janeiro a março de 2023

Os dados foram coletados por meio de observação, que buscaram levantar as hipóteses da quebra do cone de injeção de fino por uma equipe de operadores do processo produtivo da siderurgia. Para isso, foi observado o processo de injeção de fino de carvão

e por meio de análise exploratória foi apresentado o problema e a discussão para chegar a verdadeira causa da ruptura de parte do cone de injeção de finos.

3.1. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Como dito, este estudo foi realizado em uma empresa do setor de siderurgia, situada na região do Alto Paraopeba em Minas Gerais, no setor de produção de aço, onde se encontra o alto-forno.

No processo de injeção de finos de carvão do alto-forno, durante inspeções de rotina, que são realizadas por meio de monitoramento eletrônico das operações dos cones de injeção de finos de carvão, variações da taxa de injeção e aumento no tempo de descarga do vaso injeção durante o ciclo do processo foram identificadas nos gráficos de controle. Como as variações eram intermitentes, presumiu-se que poderia haver um corpo estranho dentro do processo.

Ao presumir essa irregularidade, os operadores iniciaram uma análise para diagnosticar o problema do sistema operacional. O problema foi que uma parte, a princípio desconhecida, de um componente alojou no orifício de saída da válvula dosadora, que bloqueava o fluxo de carvão e resultava na interrupção do funcionamento do sistema de injeção de carvão. Como consequência isso ocasionou perda de produção do alto forno e custos operacionais de produção.

A partir das análises, identificaram que havia ocorrido a quebra de parte do cone de injeção de fino de carvão do alto forno. Importante ressaltar que o cone de injeção de finos mencionado neste estudo é confeccionado com material metálico sinterizado e poroso, sendo esse constituído de partículas aglomeradas de aço inoxidável austenítico classe AISI-316.

3.1.1. ANÁLISE DE HIPÓTESES

Em sequências, os operadores levantaram as hipóteses que levaram a quebra do cone de injeção de fino do alto forno, componente que alojou no orifício de saída da válvula dosadora. Nesse momento, foram identificadas as seguintes hipóteses:

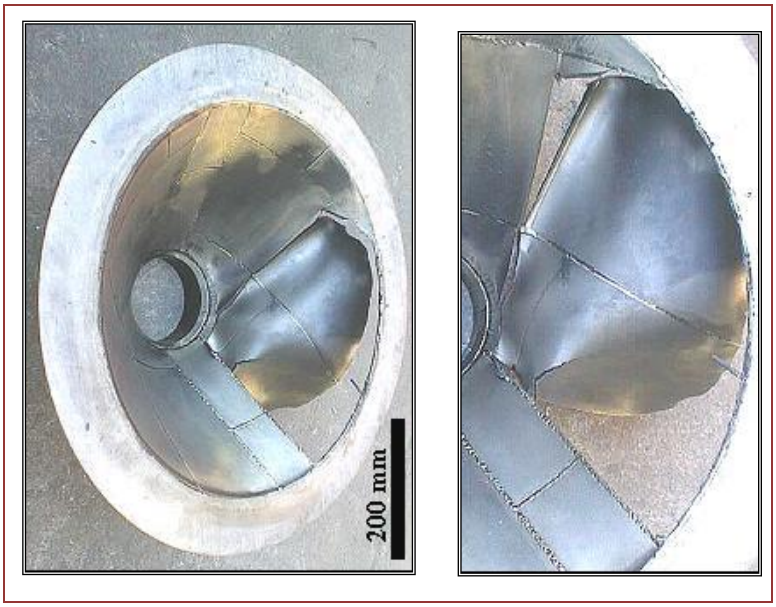
- A ruptura ocorreu devido à parte que rompeu estar sempre na região por onde entra o nitrogênio. A pressão de fluitização está associada à ruptura.
- A ruptura gradativa do cone em várias regiões devido à cordões de soldas distintas.
- A ruptura devido a micro deformações plásticas nas extremidades rompidas das partículas metálicas.

3.1.2. ANÁLISE DE FUNCIONAMENTO CONE INJEÇÃO

Quando o ciclo de fluitização inicia-se, o fluxo de nitrogênio passa pelo espaço vazio do cone de injeção de finos, que determina a fração volumétrica. Nessa situação o peso do carvão pulverizado 11 ton, direciona o fluxo de nitrogênio para parte inferior do vaso de injeção. Como o sentido de fluxo tem um caminho preferencial, nesta região o escoamento linear, facilitando a descarga do vaso de injeção.

Ao observar o cone de injeção avariado, verificou-se que a ruptura do cone se deu predominantemente junto aos cordões de solda de construção. A Figura 3 mostra o cone de injeção de finos avariado.

Figura 03 - Cone de injeção avariado.

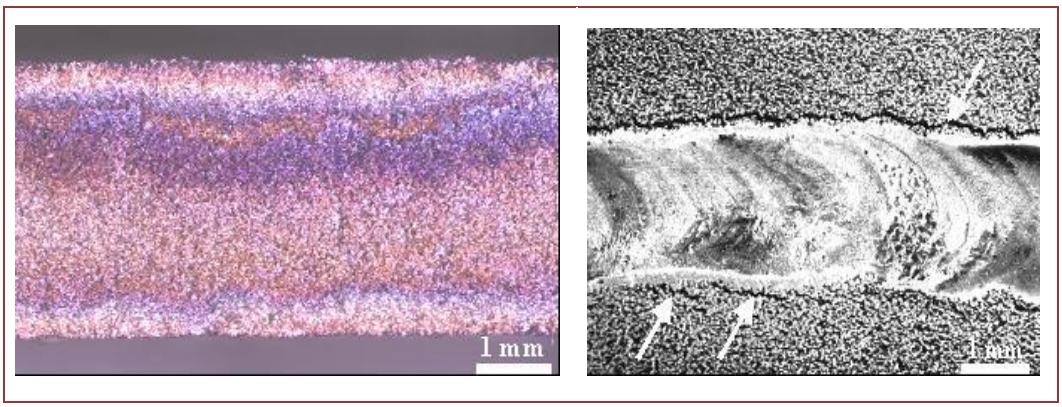


Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Após a limpeza das superfícies rompidas, observou-se que essas se apresentavam coloridas com tonalidades variando entre o cinza claro e o azul escuro. Este tipo de ocorrência é geralmente observado em aço inoxidável submetido elevadas temperaturas, nesse casso oriundas do processo de soldagem.

Adjacentes a outros cordões de solda não associados à ruptura, foram observadas trincas propagando-se a partir da superfície interna do cone. As figuras 04 e 05 ilustram esse fato.

Figura 04 e 05 - Aspecto visual do cone de injeção de Finos.



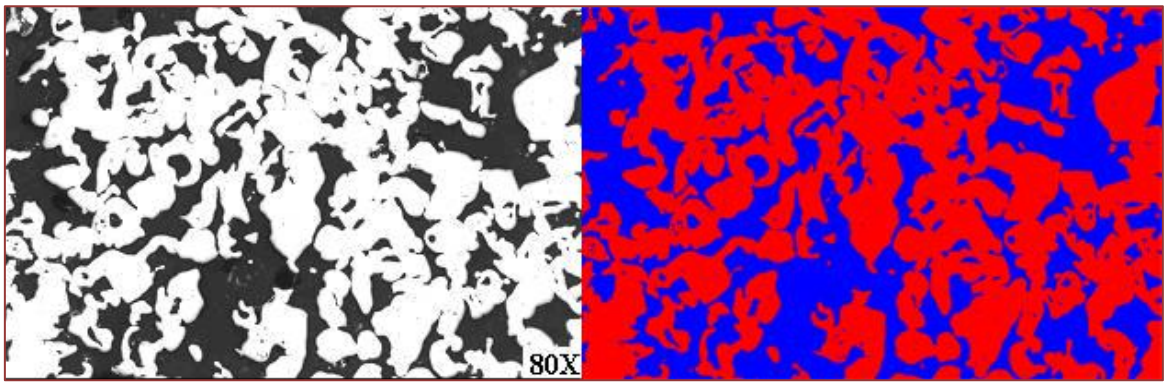
Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Os cordões de solda também são de aço inoxidável e apresentam estrutura dendrítica constituída de eutético de ferrita em matriz austenítica.

O cone foi confeccionado com material metálico sinterizado e poroso. O metal é constituído de partículas aglomeradas de aço inoxidável austenítico, cujas estruturas apresentam-se recozidas (grãos mesclados de austenita).

A Figura 06 apresenta a ilustração do material metálico do cone de injeção de finos.

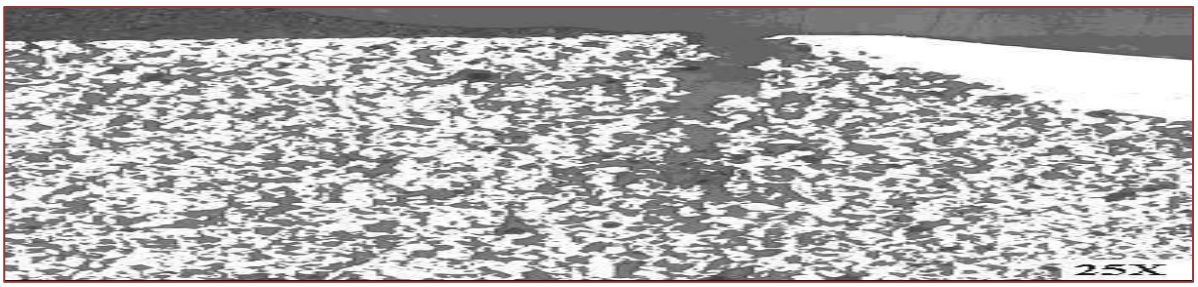
Figura 06 - Fração volumétrica estrutura material cone injeção.



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Foi identificado que na região da ruptura as extremidades rompidas das partículas apresentam linhas de escorregamento advindas de deformação plástica. A Figura 07 ilustra a região com ruptura.

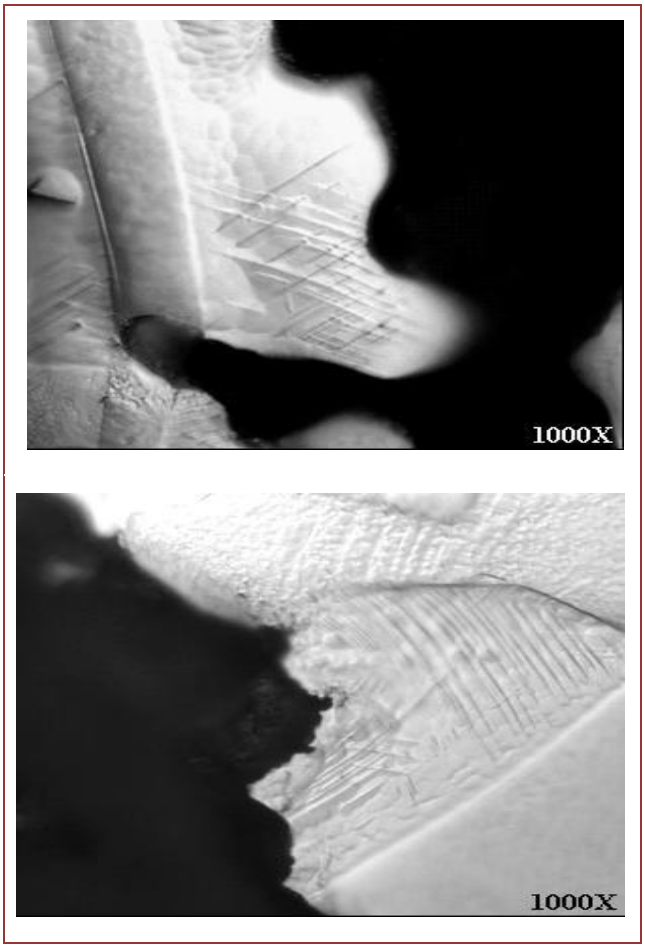
Figura 07 - Região com Ruptura.



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Em seguida, foi ampliada para 1000 vezes em relação ao tamanho original as extremidades da região de ruptura do cone de injeção de fino. A Figura 08 e 09 ilustram a imagem

Figura 08 e 09 - Extremidades da região de ruptura do cone de injeção de fino.



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

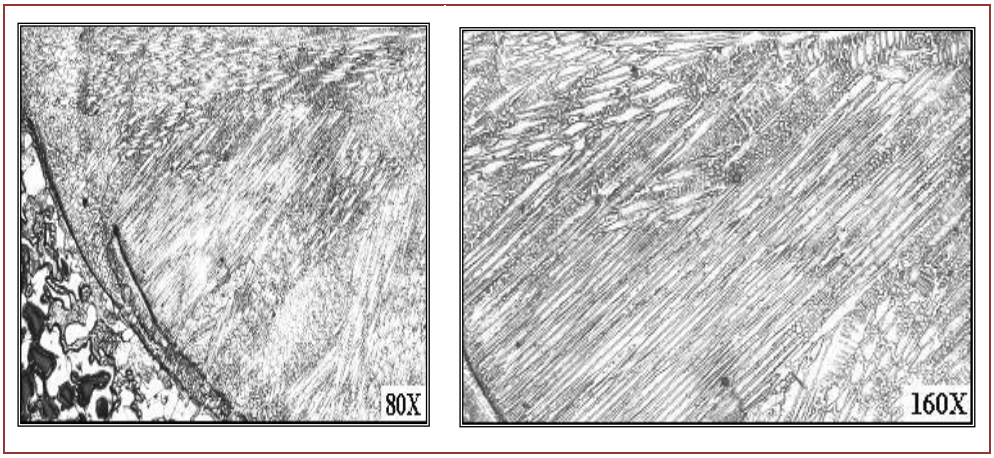
Com a identificação de presença de rupturas (trincas) adjacentes a cordões de solda distintos na superfície interna do cone, conclui-se que o cone de injeção de finos vinha gradativamente rompendo-se em várias regiões.

Como foi visto, as rupturas estão acompanhadas de micro deformações plásticas nas extremidades rompidas das partículas metálicas.

Por meio dessas constatações, pode-se afirmar que a ruptura de parte do cone de injeção de fino é consequente de um processo de fadiga provocado por esforços cíclicos de flexão e que os esforços foram aplicados de fora para dentro dele.

As rupturas se deram adjacentes aos cordões de solda porque esses eram compactos (sem vazios) e consequentemente mais rígidos que o resto do cone. Apenas de forma ilustrativa a Figura 10 e 11 mostram a região com cordão de solda.

Figuras 10 e 11 - Região com cordão de solda.



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da realização deste estudo, foi possível identificar que o cone de injeção de finos foi confeccionado com aço AISI 316 sinterizado poroso cuja densidade é de 4,72 g/ cm^3.

Existe presença, na superfície interna do cone, de rupturas (trincas) adjacentes a cordões de solda distintos dos que estavam nas regiões rompidas, que foi concluido que o cone vinha gradativamente rompendo-se em várias regiões. As rupturas estão acompanhadas de micro deformações plásticas nas extremidades, rompidas das partículas metálicas. ;

Conclui-se desta forma que a ruptura de parte do cone de injeção de finos foi consequente a processo de fadiga provocado por esforços cíclicos de flexão e que estes esforços foram aplicados de fora para dentro do mesmo;

Acrescenta ainda, que foi visto que as rupturas se deram adjacentes aos cordões de solda porque estes eram compactos (sem vazios) e consequentemente mais rígidos que o resto do cone.

Além disso, foram identificados alguns fatos que isoladamente ou associados entre si podem ter provocado os referidos esforços de flexão no cone: pressão excessiva do gás insuflado sob o cone; contaminação da câmara sob o cone por partículas sólidas, que ao obstruir os poros eleva a pressão interna e consequemente o esforço sobre a superfície do cone; dimensões/quantidade dos poros insuficientes para o fluxo operacional especificado do gás insuflado; o fato da parte quebrada estar sempre na região por onde entra o nitrogênio, sugere que a pressão de fluidização está associada à ruptura; a presença, na superfície interna do cone, de rupturas (trincas) adjacentes a cordões de solda distintos dos que estava nas regiões rompidas sugere que o cone vinha gradativamente rompendo-se em várias regiões;

Em continuidade a esta pesquisa, propõe-se que no futuro haja o redimensionamento liga de ferro cromo em relação elemento constitui material do cone fluitização. Visando alterações da resistência mecânica cone fluitização aproveitamento os dados coletados no presente estudo, como base para implantar e/ou implementar em outras empresas que apresentem o mesmo processo produtivo.

Propõe-se também que seja realizado um estudo sobre dimensões/quantidade dos poros e forças de atuação no cone injeção, em cada fase do processo. Com intuito de verificação, se a resistência mecânica está compatível com as informações de projeto.

REFERENCIAIS

[1] DIMANCESCU e SWENGER. O segredo do lançamento de produtos. In: HSM Managent, n°4, setembro de 1997.

[2] MOURÃO, M. B. et.al. Introdução a Siderurgia. Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais (ABM), São Paulo: 2007.

[3] MOTTA, R. S. et. Al. Automação e Controle de Sistemas de Injeção de Carvão Pulverizado em Alto Fornos: Itajubá 2011.

[4] MOTTA, R. S. et. Al. Sistemas de Injeção de Materiais Pulverizados em Alto Fornos e Aciaria: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais (ABM) Blucher 2010.

CAPÍTULO

07

Tratamento de falhas do travamento do redutor de bombas d'águas de caminhão pipa

Emerson Júnior Pimenta Nazaré, José Sebastião dos Reis Silva, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes Leite, Edilberto da Silva Souza, Nilo Antunes Ferreira

1. INTRODUÇÃO

A manutenção é o conjunto de cuidados técnicos a fim de garantir o bom funcionamento das máquinas, otimizando o processo e tornando viável a sua duração. Dentre os tipos de manutenção, encontra-se a corretiva, preventiva e a preditiva. Essas geridas pelos seguintes indicadores: disponibilidade física, tempo médio entre falhas e tempo médio de reparo, dos quais promovem a medição da qualidade e da eficiência.

Sabe-se também, que a ampla discussão envolvendo planejamento e controle de manutenção (PCM) é fundamental para garantir a sua eficácia, pois promove o aumento da disponibilidade, confiabilidade e qualidade dos serviços envolvidos. Como também, previne defeitos e consequentemente reduz falhas. No caso de defeitos e/ou falhas, que esses possam ser reparados no menor tempo possível com custos dentro das metas estabelecidas.

A análise de falha é essencial no ramo da manutenção, visto que, essa promove uma determinação e avaliação das principais causas, o que possibilita a tomada de ações que inibem as ocorrências.

Entende-se que para que um sistema de produção tenha uma performance considerável e confiável, é necessário que os equipamentos envolvidos nesse estejam em perfeitas condições e com o seu melhor funcionamento possível. No sistema de umectação de vias através de caminhões pipa também são encontradas as exigências quanto à disponibilidade física e o bom funcionamento do sistema de bomba de água. A falha no sistema de bomba do caminhão pipa promove um aumento do custo de manutenção, eleva as horas para reparo, prolonga a indisponibilidade do equipamento e gera uma redução na produtividade do equipamento.

Tendo em vista esses fatores, é importante que se estude as possíveis falhas sejam elas críticas ou brandas. No caso do travamento da bomba, se faz de imprescindível seu estudo para que seja encontrada as possíveis causas e seja tomada as devidas medidas. Esse tipo de manutenção envolve a desmontagem do conjunto, solicitação de peças de elevado custo e um maior tempo para a chegada das mesmas o que aumenta os valores de gastos em manutenção e reduz consideravelmente a disponibilidade física do equipamento impactando diretamente nas atividades dependentes da umectação.

Dentro do contexto apresentado, a pesquisa tem como objetivo realizar uma análise técnica das possíveis causas da parada de funcionamento da bomba.

2. CAMINHÃO PIPA

São equipamentos que possuem a capacidade de carregamento e armazenamento de água ou outro tipo de líquido por grandes distâncias em seu tanque. A água é utilizada para o controle de emissão de poeira, lavagem de ruas e praças, abastecimento de água potável, construção civil, serviços de terraplanagem, entre outros (GUNSON et al., 2011).

Através de uma bomba centrífuga, de acordo com Loxam (2019), que com o apoio de seu impulsor interno aliado a um movimento de rotação permite que o fluido no interior do reservatório seja expulso pelo seu sistema de aspersão que pode ser dianteiro, traseiro e lateral. Outro aspecto é o movimento em sentido contrário, que realiza a sucção, este sistema de aspersão e o movimento do rotor só é possível devido a um acoplamento entre a transmissão do caminhão e o eixo que transmite a rotação para o sistema através de engrenagens que se alojam na caixa de redução.

2.1. MOTOBOMBA CENTRÍFUGA RADIAL

O princípio de funcionamento da motobomba centrífuga radial se dá inicialmente por um motor acoplado ao seu eixo, que por sua vez, é conectado a um rotor localizado no interior da carcaça, produzindo o movimento de rotação que é transferido ao fluido admitido pela sua parte central e enviado até as suas extremidades através de galerias internas, fornecendo assim, energia cinética ao líquido sob a forma de pressão no bocal de saída da carcaça (SABINO, 2016).

Em relação aos componentes básicos de uma bomba centrífuga, segundo Junuir et al. (2019), eles não variam de acordo o os tipos, podendo variar somente no formato e dimensões, estes são: rotor, eixo e carcaça.

2.2. REDUTORES DE ENGRENAGEM

Sabe-se que em alguns sistemas mecânicos onde há transmissão de movimento rotativo, o acoplamento entre o componente motor e o movido é dado diretamente pelo eixo. Em algumas ocasiões, é necessário que se tenha alteração de algumas características do conjunto, como rotação, velocidade e torque. Essas modificações são possíveis através da instalação de redutores (ANDRADE, 2015).

Andrade (2015) explica que os redutores podem variar em sua construção, dependendo da potência do motor, rotações e relações de transmissão. Essa última disposta por eixos perpendiculares, concêntricos ou paralelos tanto na vertical quanto na horizontal. Os componentes dos redutores consistem em: engrenagem, eixo, rolamento, retentor e óleo lubrificante.

As engrenagens promovem o aumento ou a redução da velocidade do conjunto devido à relação de tamanhos entre elas, este se traduz pelo diâmetro delas. Telecurso (2000) determina para conjunto de redutores dois tipos de engrenagens sendo um pinhão com menor diâmetro externo e outra como coroa sendo essa de maior diâmetro externo.

Andrade (2015) relata que os eixos normalmente possuem formato cilíndrico, perfis lisos em grandes variedades de tamanhos. Eles são utilizados para suportar os elementos rotativos acoplados a ele, este permite também a transmissão de potência ou movimento rotativo ou axial, trabalhando em condições extremamente variáveis

Os Rolamentos são os elementos girantes da máquina, atuam como suporte para o eixo com as engrenagens suportando esforços simples ou combinados. Eles fazem com que o atrito seja reduzido e facilitam o movimento de giro. Geralmente são utilizados os rolamentos radiais, axiais e cônicos. (ANDRADE, 2015).

Os diferentes tipos de falhas em rolamentos são relacionados à lubrificação, conforme Andrade (2015). Sobre esse assunto, esse autor informa que os rolamentos podem danificar ao serem expostos à uma lubrificação falha, seja ela por viscosidade do óleo, particulados sólidos misturados ao lubrificante, ou aditivos agressivos.

Sobre os retentores, Andrade (2015) expõe que são vedadores de borracha ou materiais semelhantes com molas com a finalidade de reter o óleo no interior da carcaça e evitar que agentes externos venham a contaminá-lo.

Lago (2007) aponta que a lubrificação pode ser realizada de diversas formas, dependendo do formato, geometria, aspereza, textura, carga, pressão, temperatura, velocidade de rotação, escorregamento, condições ambientais, propriedade físicas e químicas do lubrificante, composição do material e da camada superficial das peças. Os óleos lubrificantes podem ser eficazes no auxílio à vedação.

Profito (2010) afirma que quando duas superfícies em contato ao sofrerem um carregamento para a que se produza o movimento, elas sofrem ações de elevados níveis de forças tangenciais. Essas quando são aplicadas às superfícies em contato geram entre elas um elevado grau de atrito, que pode vir a danificar os componentes devido ao desgaste prematuro gerado. Desta forma, é necessário a aplicação de um lubrificante a fim de se criar um afastamento entre as superfícies por meio de uma fina película de óleo.

2.3. PRINCIPAIS FALHAS EM MOTORREDUTORES

De acordo com Telecurso (2000), as principais falhas em motorredutores são devido aos principais componentes que são danificados, sendo eles rolamentos, retentores e dentes de engrenagens. Esses em condições normais sofrem danos por desgaste devido ao atrito que pode ser amenizado ao se utilizar o óleo lubrificante correto.

As engrenagens podem sofrer danos também devido à falha de lubrificação e manutenção preventiva. Essa também pode ser danificada devido à corpos estranhos ao entrarem em contato com sua superfície (TELECURSO, 2000).

Ainda segundo Telecurso (2000), dentre os principais eventos que provocam vazamentos de óleo lubrificante nos redutores de engrenagens se destacam: carcaça trincada, falha no respiro de óleo, tampa com junta danificada ou parafusos desapertados, folgas nos eixos de entrada ou saída.

2.4. PERÍODOS DE INSPEÇÕES E TROCA DE ÓLEO DO REDUTOR

De acordo com SEW (2014), o período de realização das inspeções é predefinido de acordo com o manual do fabricante. No entanto, é importante informar que o período pode variar de acordo com o tipo de serviço e ambiente onde o conjunto está inserido. Por exemplo, em condições de trabalho agressivas, deve-se substituir o óleo com maior frequência a fim de se manter as características normais.

2.5. MECANISMOS PARA TRATAMENTO DE FALHA

Afonso (2002) apresenta em seus estudos que uma análise de falha é realizada objetivando a redução e de novas ocorrências. O estudo deve apresentar as causas raiz, o que possibilita a introdução de ações com o intuito de impedir a repetição do problema.

A Metodologia MASP é conhecida como uma metodologia de análise. Dentre as etapas estão a identificação do problema, onde se identifica somente o ocorrido, normalmente por análise visual ou um brainstorming; em seguida a observação do problema, que transcorre por meio de coleta de dados a respeito de possíveis causas. A análise é uma forma mais apurada de avaliar os ocorridos, nessa etapa é realizado a filtragem dos dados e selecionados somente os pontos que interessam e que contribuíram para a falha.

O Método de Ishikawa ou Diagrama de Causa e Efeito tem como intuito relacionar os problemas ou resultados indesejados de um cenário em que se aplica, com a finalidade de identificar a causa fundamental do problema e posteriormente agir de forma a corrigi-lo. É subdividido em métodos, máquinas, mão de obra, materiais, medidas e meio ambiente (VIEIRA, 2014 APUD BATISTA, 2020).

Após ser formulados, é realizado a etapa de plano de ação, apresentado por muitos autores como 5W2H, onde são realizadas as medidas para redução ou inibição da falha tratada. De acordo com Polacinski (2012), o 5W2H consiste em um plano de ação para atividades já estabelecidas a fim de funcionar com um mapeamento do plano de ação e organizá-las por, quem, quando, o que, onde, quanto, porque, como. Em sequência, é realizada a etapa de verificação, que geralmente é feito com o acompanhamento da evolução com o plano de ação. Por fim, caso for efetivo é realizada a padronização e a conclusão.

3. O ESTUDO DE CASO

Esta pesquisa é caracterizada como um estudo de caso, de natureza bibliográfica, exploratório, explicativo e intervencionista.

O estudo refere-se ao conjunto bomba d'água e caixa de redutores do caminhão pipa Mercedes Benz Axor 3131. Os dados possuem caráter qualitativo e quantitativo, visto que há a contabilização de horas trabalhadas, e vida útil de componentes para desenvolvimento do plano de manutenção preventiva e da qualidade da manutenção que era aplicada no período da ocorrência da falha.

Todos os estudos, dados, peças e informações necessárias para o desenvolvimento deste estudo foram coletados através do setor de produção e manutenção de uma empresa que atua no ramo de locação de equipamentos de mineração em Mina Gerais.

O equipamento estudado é uma caixa de redutores na qual promove um aumento da rotação da bomba d`água de um caminhão pipa.

3.1. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

A caixa de redutores da bomba d`água centrífuga acoplada ao caminhão pipa que de acordo com Andrade (2015) atua através do contato de engrenagens sendo uma coroa e um pinhão com o intuito do aumento da velocidade. Esses em movimento de rotação constante dependem de um excelente sistema para lubrificação. Caso a lubrificação não atenda às especificações necessárias, o sistema fica sujeito a falhas inesperadas.

A falha em questão corresponde à um travamento do conjunto do redutor. Essa falha pode ser uma falha catastrófica devido o equipamento travar e ser necessário um apoio mecânico para a retirada do caminhão do local.

3.1.1. COLETA DE DADOS

Inicialmente antes de se iniciar a desmontagem do redutor, foi identificado um vazamento na carcaça do componente ao entorno do eixo de entrada de código 2300510 no alojamento do seu retentor de código 0500066. Após a desmontagem do redutor, foi identificado o motivo do vazamento, sendo esse causado pelo retentor de óleo de código 0500066 que havia sido danificado. Logo em seguida da desmontagem do retentor, foi também identificado que o eixo de entrada do conjunto da caixa de redutores também havia se desgastado em todo o perímetro de contato com a vedação. Foi também realizada a drenagem do óleo lubrificante durante o processo de desmontagem. Nesse processo, foi identificado visualmente que ele se encontrava em más condições devido à sua coloração, textura e viscosidade.

Ainda ao analisar o óleo lubrificante da caixa de redutores, notou-se que o óleo utilizado apresentava viscosidade e especificações distintas do predefinido pelo fabricante. Ele possuía aditivo EP o que ataca o material nitrílico da vedação.

Foi também realizada a desmontagem e desacoplamento dos rolamentos cônicos do eixo de saída, e logo foi constatado que um deles havia sido totalmente danificado vindo a até mesmo ter seus rolos desprendidos de seu suporte. Ao ser desmontados e retirados da carcaça do redutor, os eixos ainda acoplados às engrenagens, foi notado que o rolo proveniente do rolamento cônico que havia se desprendido estava alojado em um dos dentes das engrenagens coroa e pinhão do sistema.

3.1.2. CAUSAS RAÍZES DA FALHA

O estudo realizado com a equipe de mantenedores se caracteriza através de uma reunião interrogativa, para identificar as causas raízes. Na reunião foi aplicada a metodologia dos porquês para cada item até que se chegue em uma causa raiz na qual seria impossível ou redundante o questionamento através de mais porquês, até a conclusão das causas raízes.

Desta forma, foi exposto o ocorrido e realizado o levantamento das possíveis causas da falha, conforme pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 – Principais Causas Raízes da Falha

Falha	Causa 1	Causa 2	Causa 3
Montagem incorreta de peças	Falta de padrão de montagem de peças do redutor	-	-
Aplicação incorreta do lubrificante	Não conhecimento do óleo correto para aplicação	Falta de padrão para aplicação do óleo lubrificante correto	-
Rompimento da vedação	Óleo utilizado possui aditivo EP (Extrema pressão) o que danifica os retentores	Falta de conhecimento técnico a respeito do óleo utilizado	Falta de padrão para aplicação do lubrificante correto
Rompimento da vedação	Acúmulo de material sólido na superfície do retentor	Falta de um dispositivo de proteção devido a uma não instalação da coifa	Falta de padrão de montagem de peças do redutor
Rompimento da vedação	Tempo de vida útil da vedação excedido	Não existia manutenção preventiva da caixa de redutores	Falta de padrão para manutenção preventiva do redutor
Quebra do rolamento cônico	Falha na lubrificação do rolamento	Redutor trabalhou sem óleo lubrificante devido a um vazamento não identificado a tempo	Falta de padrão para inspeções periódicas no redutor

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

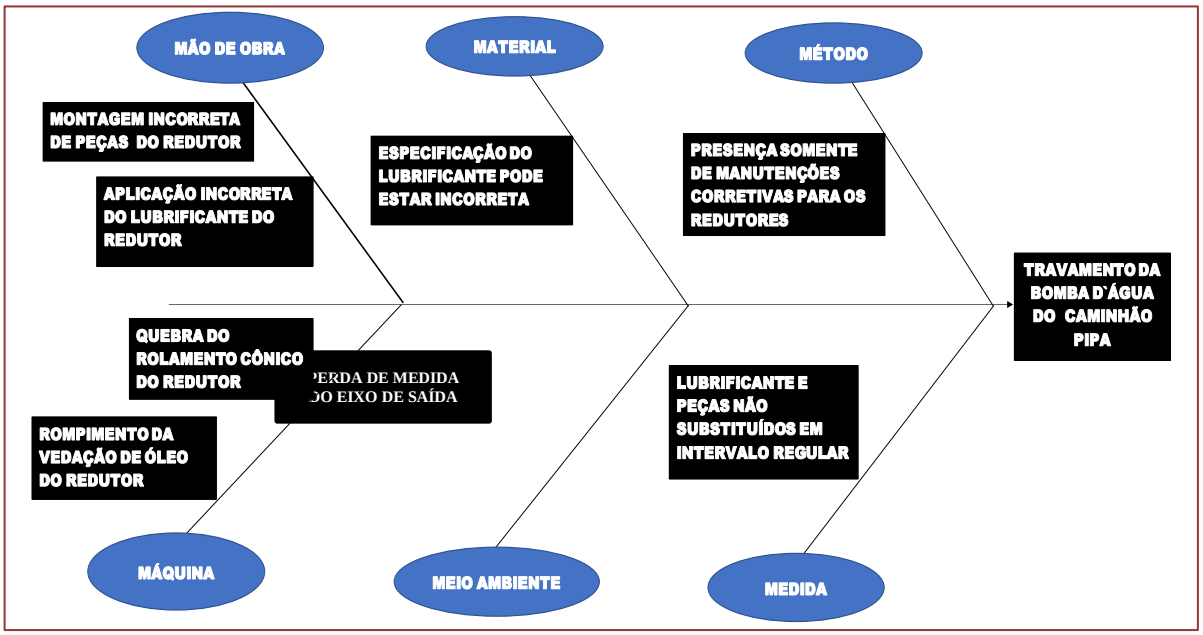
Quadro 1 – Principais Causas Raízes da Falha

Falha	Causa 1	Causa 2	Causa 3
Quebra do rolamento cônico	Tempo de vida útil do rolamento excedido	Não existia manutenção preventiva da caixa de redutores	-
Perda de medida perimetral do eixo de entrada do redutor	Eixo em atrito excessivo com a mola de vedação retentor	Folga no eixo proveniente dos rolamentos cônicos acoplados ao mesmo	Falha na lubrificação do mesmo vindo a danificá-lo.
Presença somente de manutenções corretivas	Não existia preventiva da caixa de redutores	-	-
Lubrificante e peças não substituídos em intervalo regular	Falta de controle de horas trabalhadas	Não existia preventiva da caixa de redutores	-
Especificação do Lubrificante utilizado pode estar incorreta	Devido ao não conhecimento a respeito do óleo utilizado	Falta de padrão para aplicação do lubrificante correto	-
Especificação do Lubrificante utilizado pode estar incorreta	Utilização de lubrificante que pode possuir aditivo EP sem conhecimento, o que danifica a borracha nitrílica da vedação	Falta de padrão para aplicação do lubrificante correto	-

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Esses dados foram organizados e transmitidos para um diagrama de Ishikawa conforme pode ser verificado na Figura 1.

Figura 1 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Por meio do diagrama percebem-se as principais causas apontadas no quadro 1. De acordo com Vieira (2014), no formato de diagrama de Ishikawa, torna possível identificar os motivos que levaram ao ocorrido.

3.2. PLANO DE AÇÃO

De posse das informações a respeito das causas raiz, como complemento da elaboração do diagrama de Ishikawa, é necessário que se apresente medidas e métodos que tem como responsabilidade a intervenção a fim de evitar que novas ocorrências semelhantes venham a acontecer.

Nesse sentido, foi elaborado o plano de ação (5W2H) a partir das causas raiz apontadas para inibir as falhas. O Quadro 2 apresenta o plano de ação.

Quadro 2 – Plano de Ação

What (O que)	Why (Porque Fazer)	Where (Onde Fazer)	When (Quando Fazer)	Who (Quem Fará)	How (Como Fazer)
Contactar o fornecedor da bomba para aquisição do manual e catálogo	Garantir uma criação de um padrão confiável	PCM	01/06/2022 - REALIZADO	Operador 1	Entrando em contato com os responsáveis e solicitando catálogos e manuais
Criar padrão para montagem do redutor	Para garantir que a montagem esteja de acordo com as especificações do fabricante	PCM	08/06/2022 - RALIZADO	Operador 1	Tendo acesso e consultando o manual do fabricante
Incluir no padrão montagem do redutor para aplicação do óleo correto	Para garantir que o lubrificante esteja de acordo com as especificações do fabricante	PCM	14/06/2022 - REALIZADO	Operador 1	Tendo acesso e consultando o manual do fabricante
Promover treinamento no padrão montagem do redutor implementado para montagem da bomba	Para fazer com que a equipe de mantenedores se adeque ao padrão correto de montagem, afim de reduzir falhas durante a mesma	SALA DE REUNIÕES	16/06/2022 - REALIZADO	Operador 1	Apresentar o padrão de montagem do redutor
Coletar dados de falhas para controle de horas trabalhadas	Para montar o controle de horas trabalhadas	PCM	20/06/2022 - REALIZADO	Operador 2	Analisando histórico de compra de peças do redutor
Elaborar controle de horas trabalhadas	Para analisar a vida útil efetiva de cada componente do redutor	PCM	22/06/2022 - REALIZADO	Operador 2	Registrando as peças substituídas das manutenções anteriores, como suas horas trabalhadas
Elaborar um plano de manutenção preventiva para a caixa de redutores	Para evitar falhas de manutenção não programada dos redutores	PCM	24/06/2022 - REALIZADO	Operador 2	Consultar o manual do fabricante e, incluir no padrão e no plano de manutenção Preventiva de troca de óleo e filtro do equipamento
Incluir manutenção preventiva dos redutores no plano de manutenção do equipamento	Afim de complementar o plano de manutenção preventiva do equipamento	PCM	28/06/2022 - REALIZADO	Operador 1	Incluindo na planilha de manutenção preventiva do equipamento, a preventiva do redutor
Treinar equipe de mantenedores e controladores de manutenção no plano de manutenção preventiva implementado	Afim de se expor os itens presentes no plano de manutenção preventiva do equipamento e como se proceder ao executa-lo	SALA DE REUNIÕES	07/07/2022 - REALIZADO	Operador 1	Apresentando a implementação ao plano de manutenções preventivas bem como, a maneira de se executá-lo

Quadro 2 – Plano de Ação (continuação)

What (O que)	Why (Porque Fazer)	Where (Onde Fazer)	When (Quando Fazer)	Who (Quem Fará)	How (Como Fazer)
Avaliar e definir os componentes do redutor que mais se envolvem em falhas, e os que estão diretamente ligados a essa	Afim de elaborar um padrão de inspeção da caixa de redutores	PCM	13/07/2022 - REALIZADO	Operador 1	Listar possíveis presenças de vazamentos, folgas, acúmulo de material no retentor, e ruídos anormais
Contactar o fornecedor da vedação para coleta do manual e catálogo	Garantir uma criação de um padrão confiável	PCM	15/07/2022 - REALIZADO	Operador 1	Entrando em contato com os responsáveis e solicitando catálogos e manuais
Contactar o fornecedor da vedação para coleta do manual e catálogo	Garantir uma criação de um padrão confiável	PCM	15/07/2022 - REALIZADO	Operador 1	Entrando em contato com os responsáveis e solicitando catálogos e manuais
Elaborar um padrão para inspeção da caixa de redutores	Para promover a identificação prematura de defeitos que possam evoluir a uma falha	PCM	16/07/2022 - REALIZADO	Operador 1	Avaliando presença de folgas, vazamentos, acúmulo de material no retentor, e ruídos anormais
Treinar toda a equipe de mantenedores no padrão de inspeção implementado	Para conhecimento de todos a respeito dos itens a serem avaliados e como proceder diante o mesmo	SALA DE REUNIÕES	20/07/2022 - REALIZADO	Operador 1	Promover palestra expositiva do novo modelo implementado
Incluir no padrão montagem do redutor a especificação correta da vedação	Para garantir que a vedação esteja de acordo com as especificações do fabricante da vedação	PCM	22/07/2022 - REALIZADO	Operador 1	Tendo acesso e consultando o manual do fabricante
Montar um redutor piloto com as especificações corretas	Afim de disponibilizar um redutor para testes	OFICINA	05/08/2022 - REALIZADO	Operador 3 e Operador 4	Aplicando as peças do redutor de acordo com manual e utilizando lubrificante correto
Executar manutenção preventiva no redutor piloto de acordo com o plano de manutenções preventivas implementado	Afim de testar eficiência do plano de manutenções preventivas criado para os redutores.	OFICINA	-	Operador 3 e Operador 4	Realizando a substituição das peças do redutor previstas no plano de manutenções preventivas em intervalo regular
Realizar testes de desempenho	Para verificar a confiabilidade e durabilidade do redutor de teste	EM CAMPO	-	Operador 3	Realizando inspeções programadas periodicamente

Quadro 2 – Plano de Ação (continuação)

What (O que)	Why (Porque Fazer)	Where (Onde Fazer)	When (Quando Fazer)	Who (Quem Fará)	How (Como Fazer)
Acompanhar funcionamento e desempenho do redutor de teste	Afim de verificar o rendimento do mesmo ao longo de sua vida útil	EM CAMPO	-	Operador 3	Comparando as inspeções realizadas no mesmo e buscando evoluções de possíveis defeitos
Concluir o plano em caso de resultado positivo do redutor de teste, padronizando para os demais equipamentos	Afim de promover a instalação de redutores no padrão do que foi testado nos demais equipamentos, garantindo uma boa disponibilidade e confiabilidade desse	OFICINA	-	Operador 3	Definindo que a partir do dia programado, todos os redutores de bombas d`água de caminhões pipas serão montados, inspecionados e manutenidos no padrão
Cadastro da vedação no sistema de compras da empresa	Permitir que seja comprada a vedação correta	PCM	-	Operador 1	Tendo acesso e consultando o manual do fabricante
Cadastro do óleo no sistema de compras da empresa	Permitir que seja comprada o óleo correto	PCM	-	Operador 2	Tendo acesso e consultando o manual do fabricante
Cadastro do rolamento no sistema de compras da empresa	Permitir que seja comprada o rolamento correto	PCM	-	Operador 2	Tendo acesso e consultando o manual do fabricante
Aquisição de um lote de vedação	Permitir que seja comprada a vedação correta	PCM	-	Operador 5	Tendo acesso e consultando o manual do fabricante
Aquisição de um lote de lubrificante	Permitir que haja estoque de óleo para manutenções preventivas de toda a frota	COMPRAS	-	Operador 5	Comprando o óleo cadastrado em maior quantidade
Aquisição de um lote de rolamento	Permitir que haja estoque de rolamentos para manutenções preventivas de toda a frota	COMPRAS	-	Operador 5	Comprando o rolamento cadastrado em maior quantidade

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

3.3. PADRONIZAÇÃO DAS ATIVIDADES

Moro e Auras (2007 p.15) explicam que a padronização das atividades contribui para uma boa gestão da manutenção e garante assertividade na execução dos serviços. Nesse sentido, foi necessário apresentar o catálogo do fabricante, contendo o sequenciamento para montagem das peças do redutor e também a promoção de um treinamento para a equipe de mantenedores a respeito do processo e cuidados a serem tomados no momento da manutenção dos redutores. O intuito é manter uma equipe com conhecimento teórico e prático a respeito dos redutores de bomba d'água centrífuga dos caminhões pipas e reduzir possíveis erros na montagem.

3.4. IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Lima (2003) esclarece que as manutenções preventivas devem ser executadas tanto por tempo quanto por condições dos equipamentos, para prevenir que falhas inesperadas ocorram em determinado equipamento. Moro e Auras (2007 p.15) ressaltam que essa manutenção deve ser programada e seguida de um plano em que constem as atividades a serem realizadas. Desta forma, foi necessário a implementação de um plano de manutenções preventivas para a caixa de redutores da bomba d'água do caminhão pipa.

Para o desenvolvimento do plano de manutenção, foi levantado o histórico de falhas dos componentes internos, conforme pode ser verificado no Quadro 3.

Quadro 3 - Histórico de falhas corretivas

CPL0242	CPL0243	CPL0253	CPL0254	CPL0372	CPL0261
10/08/2021	25/04/2021	24/06/2021	11/06/2021	22/07/2021	25/02/2021
29/12/2021	25/01/2022	08/08/2021	29/12/2021	14/08/2021	28/05/2021
		24/04/2022	06/01/2022	02/09/2021	29/07/2021
		04/06/2021		19/03/2022	18/03/2022
				02/05/2022	05/05/2022

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Por meio do Quadro 3, percebe-se a constância de manutenções corretivas durante o período apontado. Nelas foram realizadas diferentes intervenções e custos distintos, que podem ser percebidos no Quadro 4.

Quadro 4 – Vida Útil e custo de peças do redutor

PEÇA	CUSTO	CPL0242	CPL0253	CPL0254	CPL0372	CPL0243	CPL0261	MÉDIA GERAL	H PROG	MÊS ENTRE SUBST	CUSTO / MÊS
Carcaça Caixa-Bomba	R$ 6.000,00								372		
Eixo de Entrada	R$ 230,00	1168			5087			3128	372	8,4	R$ 27,36
Engre. de Entrada menor	R$ 1.100,00	1168						1168	372	3,1	R$ 350,34
Engre. de Saída maior	R$ 3.200,00	1168						1168	372	3,1	R$ 1.019,18
Eixo de Saída	R$ 430,00	1168	2898				3814	2627	372	7,1	R$ 60,90
Chaveta Engrenagem de Saída	R$ 6,00	1168	966				3814	1983	372	5,3	R$ 1,13
Chaveta Engren. de Entrada	R$ 6,00	1168	1449				1907	1508	372	4,1	R$ 1,48
Chaveta do Acoplamento	R$ 6,00	1168	2898					2033	372	5,5	R$ 1,10
Rolamento Esfera 6207	R$ 80,00	1168	2898					2033	372	5,5	R$ 14,64
Rolamento Cônico 32206	R$ 80,00	1168	966	1425	2543,5	2456	953,5	1585,33333	372	4,3	R$ 18,77
Retentor SABO 01905 BR	R$ 17,00	1168	1449	712,5	1695,67	2456	953,5	1406	372	3,8	R$ 4,50
Retentor SABO 01895	R$ 40,00	1168	1449	712,5	1695,67	2456	953,5	1406	372	3,8	R$ 10,58
Oleo ATF	R$ 50,00	1168	966	1425	2543,5	2456	953,5	1585,33333	372	4,3	R$ 11,73
											R$ 1.906,10

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

No Quadro 4, equipamento especificado por seu prefixo possui a média de horas trabalhadas de cada peça do redutor, logo em seguida foi elaborado uma média geral e definida a periodicidade de falhas de cada uma de acordo com as horas programadas mensais. Além do custo envolvido por componente e o custo geral, por meio do quadro 4 é possível que seja feita uma análise de quais matérias necessitam ser substituídos em preventiva e em quais intervalos de tempo médio.

Por meio da análise da Quadro 4, as peças que mais se envolvem nas corretivas, são as de menores preços, sendo elas, retentores de óleo, rolamentos cônicos e de esferas e óleo lubrificante. Esses, de acordo com Telecurso (2000), possuem grande influência em falhas dos redutores, portanto foi elaborado um plano de manutenção preventiva e de inspeção preditiva a fim de promover a substituição das peças citadas antes da falha de acordo com o histórico e uma avaliação das reais condições do redutor com uma maior frequência e periodicidade.

O Gráfico 1 a seguir mostra a quantidade de componentes que foram utilizados no período e os valores gastos. Esses foram utilizados na correção da bomba d'água nas falhas corretivas.

Gráfico 1 – Quantidade de Componentes e Valor – Mensal

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Em sequência, foi desenvolvido um checklist de inspeção de redutor da bomba d'água do caminhão pipa, conforme apresentado no Quadro 5 a seguir.

Quadro 5 – Checklist de inspeção – Redutor da Bomba D'Água do Caminhão Pipa

PREFIXO: RESPONSÁVEL:	DATA: HORÍMETRO:			
INSPECIONAR A CADA 250 HORAS DE TRABALHO	OK	ACEITÁVEL	CRÍTICO	OBSERVAÇÕES
Nível de óleo do redutor				
Vazamentos externos aparentes nos bujões, flanges e juntas				
Condição visual do óleo lubrificante (presença de limalhas ferrosas, água ou materiais contaminantes)				
Presença de ruidos de alta intensidade				
Presença de folga nos eixos e acoplamentos				

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Por fim, foi elaborado o plano de manutenção preventiva para o redutor da bomba d'água do caminhão pipa. O plano de manutenção preventiva pode ser verificado no Quadro 6.

Quadro 6 - Plano de manutenção preventiva – Redutor da bomba d'água do caminhão pipa

SUBSTITUIR	QTD		CÓD	PERIODICIDADE
Coletar óleo lubrificante do redutor para análise	1 Pç		1z-0123	250h
Substituir óleo Lubrificante ATF tipo A	1,0L		900098	500h / 3 meses
Substituir Retentor de óleo do redutor	1 Pç		2301296	1000h
Substituir Retentor de óleo do redutor	1 Pç		500017	1000h
Substituir Rolamentos Cônicos do redutor	2 Pç		520005	1500h
Substituir Chavetas da engrenagem de entrada	2 Pç		440621	1500h
Substituir Chavetas da engrenagem de Saída	2 Pç		440624	1500h
Substituir Rolamentos de esfera do redutor	3 Pç		520006	2000h

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manutenção preventiva, de acordo com Moro e Auras (2007, p.15) é essencial para qualquer equipamento devendo ser realizada em intervalos predefinidos. Conforme apresentado no estudo, a principal causa da falha na lubrificação dos rolamentos cônicos bem como o desprendimento do rolo proveniente de sua carcaça, é a presença somente de manutenções corretivas, quebras inesperadas, a falta de controle das horas trabalhadas, aplicação incorreta do lubrificante, montagem e procedimentos fora do padrão do fornecedor, tudo atrelado a uma falha de gestão da manutenção. Isso devido que já existia anteriormente um plano de inspeção e manutenção preventiva da caixa de redutores. Um não conhecimento do catálogo de peças e manual do fabricante, promoveu uma falha durante a aplicação dos componentes do redutor e lubrificante fora do especificado na montagem, que ocasionou a redução da vida útil da caixa de redutores, aumento a indisponibilidade do equipamento e dos custos envolvidos na manutenção.

Ainda de acordo com Moro e Auras (2007, p.15), a padronização das atividades de manutenção é essencial para o bom desempenho da gestão da manutenção. Segundo esses últimos autores, é importante que se padronize as atividades de manutenção. Neste

trabalho, foram necessárias as padronizações a respeito de montagem, inspeção, manutenção preventiva e acompanhamento do desempenho.

As padronizações foram realizadas por meio do manual e catálogo do fabricante, o que possibilitou um melhor conhecimento para a criação do plano de manutenção preventiva e de inspeção. O estudo a respeito do lubrificante utilizado de acordo com a vedação especificada em manual e o acompanhamento de horas trabalhadas a fim de que se promova uma melhor gestão e controle da manutenção da caixa de redutores da bomba d'água de caminhões pipa.

Para a realização do controle, foi previsto no plano de ação um acompanhamento do desenvolvimento e desempenho do redutor já no padrão desenvolvido e implantado. Ao longo de seu tempo de operação e jornada de trabalho para que se conclua eficaz as medidas de intervenção e ações propostas.

REFERÊNCIAS

[1] AFONSO, L.O.A. Análise de falhas de máquinas rotativas – Alguns pontos importantes. Petróleo Brasileiro SA -. IEV, 2002.

[2] ANDRADE, A. S. Elementos orgânicos de máquinas II AT-102, 2015.

[3] BATISTA, P. L. Análise de impactos da implantação da manutenção preditiva em setor de fabricação de borracha: estudo de caso em indústria do ramo automobilístico, 2020.

[4] GUNSON, A. J. et al. Reducing mine water requirements. Journal of Cleaner Production. Vancouver, Canadá, p. 71-82, 2011.

[5] JUNUIR, P.A.E.; MORAIS, G.T.; DIAS, F.J. Manutenção de bombas centrífugas na área de mineração. Anais do 1° Simpósio de TCC, das faculdades FINOM e Tecsoma. 2019.

[6] LAGO, F.D. Manutenção de redutores de velocidade pela integração das técnicas preditivas de análise de vibrações e análise de óleo lubrificante. UNESP, 2007.

[7] LOXAM. Entenda o funcionamento de uma bomba centrífuga, São Paulo, 2019. Disponível em: https://degraus.com.br/entenda-o-funcionamento-de-uma-bomba-centrifuga/

[8] PROFITO, J. F. Modelagem Unidimensional do Regime Misto de Lubrificação Aplicada a Superfícies Texturizadas. Dissertação (Mestre em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2010.

[9] POLACINSKI et al. Implantação dos 5Ss e proposição de um SGQ para uma indústria de erva-mate. In: Congresso Internacional de Administração (ADM), 2017, Ponta Grossa, PR, Anais... Ponta Grossa, PR, 2017.

[10] SABINO, G.H.R. Análise da dinâmica de uma bolha de gás em uma bomba centrífuga. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

[11] SEW EURODRIVE. Manual de montagem e manual de operação de redutores industriais. Germany, 2014. Disponível em: https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/20284586.pdf

[12] TELECURSO 2000. Mecânica: Processos de Fabricação. São Paulo. 1997. 159p

CAPÍTULO

08

Redução de custo com inspeção e manutenção em rodeiros de vagões ferroviários: Um estudo de casos nos rolamentos de rodeiros ferroviários

Lucas Matias Rodrigues Vasconcelos, José Dimas de Arruda, Mayara Rezende Carvalho, Luciano José Vieira Franco, Jussara Fernandes leite

1. INTRODUÇÃO

Para que as empresas sobrevivam em meio ao cenário competitivo, necessitam reduzir ao máximo os custos do processo e os gastos relacionados às manutenções não programadas. Com esse propósito, as empresas devem rever seus processos constantemente em busca de melhorias.

Segundo a Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários – ANTF (2021), o setor de transporte ferroviário tem em seus equipamentos uma enorme necessidade de seguir um alto padrão de segurança e confiabilidade. Nas últimas décadas, empresas desse setor têm passado por grandes avanços, com o intuito de aumentar a produtividade mantendo um alto nível de segurança. Um grande desafio para todas as ferrovias é a gestão eficaz do nível de interferência mútua entre os trens e as comunidades, além da segurança das pessoas que vivem nas proximidades da linha férrea.

Com o objetivo de diminuição dos custos de manutenção e das ocorrências de falhas, as empresas ferroviárias procuram cada vez mais melhorias nos processos. Desta forma, empregam práticas de monitoramento de eixos e rolamentos dos rodeiros buscando minimizar ao máximo as falhas dos componentes. Neste contexto, este estudo apresenta os resultados de uma possível análise de falha por Hot Box, que é uma falha encontrada através das condições de temperatura no rolamento. Esse processo tem o objetivo de acionar um alarme que avisa tanto o maquinista, quanto o Centro de Controle Operacional (CCO), evitando assim algum possível acidente ferroviário. Além disso, buscou-se a redução do número de rolamentos alarmados e diminuição no custo com manutenção corretiva.

2. FERROVIA

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT,2009), a malha ferroviária brasileira foi implantada com o objetivo de interligar vários estados do País, principalmente regiões próximas aos portos de Parati, Angra dos Reis e de Santos. Comparando as condições atuais da malha ferroviária com o período anterior à desestatização, os índices apontam um crescimento na recuperação da atividade ferroviária no País, com possibilidades de aumento de sua participação na matriz de transporte, sobretudo a médio e longo prazo, em função dos investimentos feitos pelas empresas concessionárias.

Uma pesquisa realizada pelo DNIT (2009) mostra que, desde 1996, a quantidade de carga movimentada nas ferrovias brasileiras aumentou 26%. Os investimentos permitiram um incremento da produção de transportes em 68% entre 1996 e 2001 essas melhorias têm contribuído para reduzir acidentes nas malhas em funcionamento. Segundo ANTF (2021), em 2020 foram investidos R$ 4,8 bilhões, possibilitando um expressivo crescimento na frota de material rodante. Em 1997, as ferrovias contavam com 1.154 locomotivas; em 2020 somavam 3.298 unidades, representando um aumento de 186%. No mesmo período, o número de vagões passou de 43.816 para 116.435, uma alta de 166%.

Ribeiro (2002) informa que o custo do frete cobrado pelas operadoras das ferrovias, é 50% mais barato em relação ao transporte rodoviário. Acrescenta ainda que as ferrovias oferecem rapidez e resistência a grandes cargas. A alternativa ferroviária, de fato, é importante para operadores que lidam com matérias-primas como empresas petroquímicas, que além de perigosas são transportadas em grandes volumes. Atualmente o sistema ferroviário brasileiro apresenta um cenário evolutivo favorável. Os constantes e progressivos investimentos nesse setor tendem a elevar o potencial de atração de novos clientes e de ampliação de sua importância nos transportes brasileiros.

2.1. MATERIAL RODANTE

Evaristo (2018) explica em seus estudos que material rodante é conceituado como conjunto de todos os equipamentos que trafega sobre uma via permanente. Dentre eles estão inclusos veículos de manutenção, vagões, locomotivas e automotriz.

Nessa mesma abordagem, Porto (2004) define alguns dos principais componentes ferroviários como: as rodas, que possuem configuração cônica e têm as funções de centralizar o veículo nos trilhos atenuando o efeito de escorregamento em trajetórias curvilíneas; o eixo, que são montados paralelamente em uma estrutura denominada truque, e as cargas que são dispostas sobre as pontas dos mesmos; o rodeiro, que é o eixo com o par de rodas, muito importante para a manutenção em relação à bitola do rodeiro. DNIT (2015) conceitua a bitola do rodeiro como a distância entre pontos das rodas de mesmo rodeiro mais próximo aos trilhos. Os truques são estruturas rígidas nos quais os rodeiros são montados, a maior parte dos vagões possui dois rodeiros por truque.

Vagão é o um veículo destinado ao transporte de cargas e não possui capacidade motriz. Sua composição é formada pelo truque e a caixa. A área de vagões ferroviários passou por diversas transformações desde a sua implementação no Brasil, principalmente, pelo aumento dos modelos disponíveis. Hoje em dia, existem diversos tipos de vagões de trem, sendo que cada um é voltado para uma determinada demanda de transporte. A Tabela 1 apresenta alguns tipos de vagões e suas cargas transportadas.

Tabela 1 - Tipos de vagões em relação a cargas transportadas.

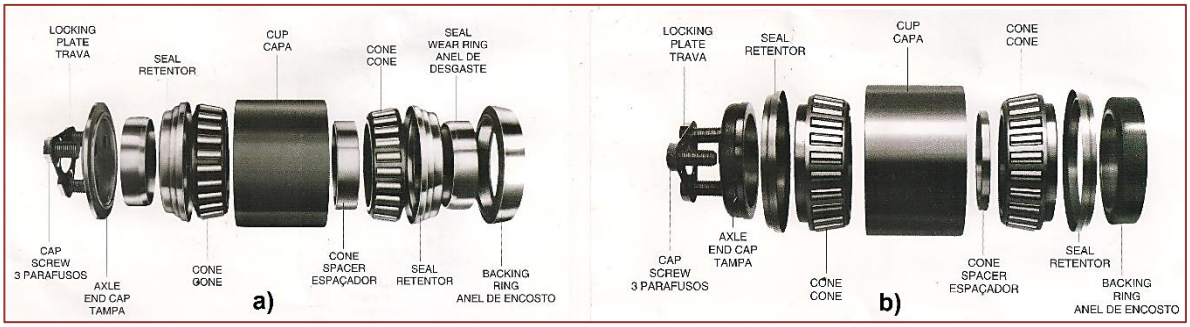
Tipo	Produtos Transportados
Fechado	Carga em geral, mercadorias, celulose e outros.
Gôndola	Grãos, granéis expostos, minérios e outros.
Hopper	Grãos, fertilizantes, carvão e outros sólidos.
Plataforma	Materiais metálicos, toras de madeira e outros.
Tanque	Derivados de petróleo, etanol, GLP, óleos, gases e outros.

Fonte: Guiadotrc (2000).

Todo vagão da frota brasileira recebe um código identificador que relaciona sua classificação quanto à carga máxima admissível, bitola, tipo de descarregamento e a operadora o qual pertence.

Segundo a Timken (2019), rolamentos ferroviários são projetados para maiores cargas e velocidades. O rolamento atende às crescentes exigências do transporte ferroviário promovendo vida útil mais longa para as rodas. Seu design compacto incorpora menos componentes, reduz o peso do rolamento e oferece maior segurança e confiabilidade. Têm-se dois principais conjuntos de rolamentos, o rolamento AP (Figura 1a), de rolos pré-montado e pré-lubrificado. Fabricados com aço de alta qualidade, são projetados especificamente para oferecer a confiabilidade que o setor ferroviário exige. Os rolamentos AP-2 (Figura 1b) foram desenvolvidos para satisfazer os desafios crescentes de maiores cargas e velocidades para vagões de carga. Esse rolamento foi projetado para minimizar a flexão do eixo do mancal e o desgaste por atrito.

Figura 1 - a) Componentes do rolamento AP; b) Componentes do Rolamento AP-2.



Fonte: Timken (2012)

Timken (2019) explica que os rolamentos ferroviários são itens que constantemente devem ser avaliados e inspecionados devido à criticidade desses componentes e ao alto risco de acidentes que podem ser ocasionados em caso de possíveis falhas em algum rolamento do rodeiro. O reparo, quando necessário, substitui peças desgastadas e danificadas, dando vida nova ao conjunto. Alguns atributos do serviço de reparo são inspeção e limpeza dos rolamentos, além da troca de peças se caso for necessário. Os especialistas em remanufatura requalificam e montam novamente os rolamentos restaurados. Todos os rolamentos são completamente inspecionados para satisfazer as especificações de remanufatura adequada.

Kardec e Nascif (2009) esclarecem que “a manutenção existe para que não haja manutenção; no caso a manutenção corretiva não planejada. Isto parece paradoxal à primeira vista, mas, numa visão mais aprofundada, tem-se que o trabalho da manutenção está sendo enobrecido, e que, cada vez mais, o pessoal da área precisa estar qualificado e equipado para evitar falhas e não para corrigi-las”.

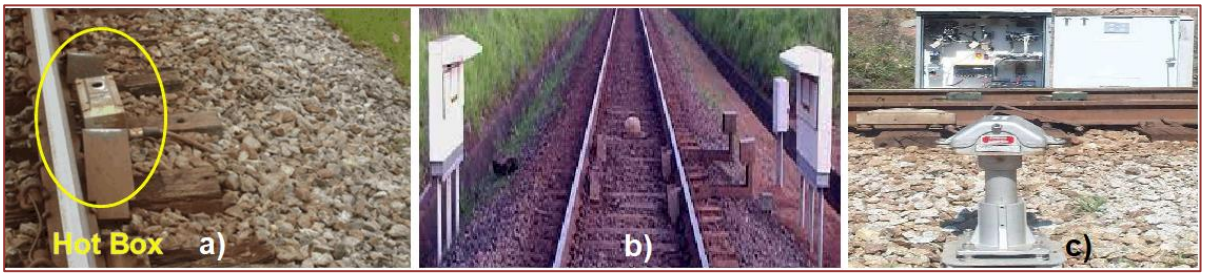
2.2. TIPOS DE EQUIPAMENTOS DE INSPEÇÃO

Os equipamentos de inspeção e a análise preditiva contribuem para a prevenção de acidentes ferroviários. São sistemas de controle de temperatura de rolamentos e de rodas, e de controle acústico de rolamentos. Três dos principais equipamentos para este tipo de inspeção são: Hot Box, Railbam e Hot Wheel. De acordo com a MRS Logística (2020), o Hot Box tem a função de monitorar a temperatura dos rolamentos, pois quando chegam a valores muito elevados, ocasionam a degola de eixo (avaria do rolamento). Desta forma, caso a temperatura esteja anormal, um alarme é disparado avisando o maquinista e o Centro de Controle Operacional (CCO), e necessariamente o equipamento é parado para manutenção corretiva. A Figura 2a mostra o equipamento Hot Box às margens da linha férrea.

O Hot Box é complementado pelo RailBAM (Rail Bearing Acoustic Monitor - Monitoramento Acústico de Rolamentos), sistema preditivo de monitoramento acústico que identifica falhas e desgastes de rolamentos através dos ruídos gerados e captados durante a passagem dos trens nas ferrovias. O sistema é composto por dois conjuntos de microfones (oito em cada conjunto) que ficam nas margens da linha férrea captando o áudio que é emitido pelos rolamentos. O equipamento compara a frequência medida com a de um rolamento ideal e define a criticidade de uma possível falha. A Figura 2b apresenta o equipamento RailBAM às margens da linha férrea (MRS LOGISTICA, 2020). Segundo Paiva (2008), "o RailBAM pode identificar falhas ainda pequenas que poderiam gerar, futuramente, um aquecimento do rolamento e até um acidente, no caso de degola de manga do eixo".

O Hot Wheel é um sistema baseado em dispositivos, colocados ao longo da linha, que medem a radiação infravermelha emitida pelas rodas. Quando o trem passa, é feita uma análise das condições de temperatura. Caso exista algum problema, é acionado um alarme que avisa tanto o maquinista quanto o CCO e, dependendo do caso, a composição é parada imediatamente, para que as correções sejam feitas. O Hot Wheel ajuda na avaliação e na manutenção das rodas em operação. Se a temperatura está abaixo do normal, o vagão pode não estar freando corretamente. No caso de superaquecimento o equipamento aponta excesso de freio. Portanto, além do controle para garantir que o material da roda não sofra alterações devido a altas temperaturas, é possível fazer um diagnóstico geral do sistema de freio dos vagões, beneficiando o bom andamento da composição. A Figura 2c apresenta o equipamento Hot Wheel às margens da linha férrea (MRS LOGISTICA, 2020).

Figura 2 – a) Equipamento Hot Box; b) Equipamento RailBAM; c) Equipamento Hot Wheel.



Fonte: MRS (2020); ANTF (2012); MRS (2020)

3. ESTUDO DE CASO

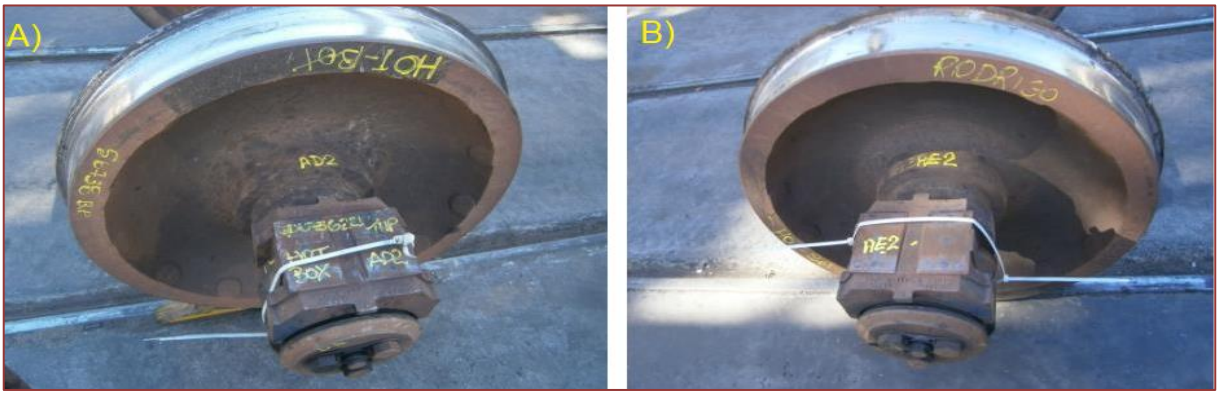
Este é um estudo de caso inserido na área de manutenção ferroviária, com objetivo de apresentar os resultados de uma análise de falha no rolamento de um rodeiro ferroviário. É um trabalho de caráter intervencionista, pois trata uma situação de constantes falhas em relação ao tema proposto, utilizando do uso deliberado de observações, ações em uma situação de campo, experimental e não controlada, observação de processos, resultados e análise da literatura (JÖNSSON; LUKKA, 2007).

A coleta dos dados qualitativos foi realizada através de um equipamento de inspeção da temperatura de rolamentos, sendo retirados os rolamentos alarmados de circulação. Esse sistema é composto por sensores que ficam nas margens da linha férrea captando a temperatura que é emitida pelos rolamentos. Conforme Luz (2016), "o equipamento processa os dados de modo instantâneo e avalia se algum parâmetro técnico apresenta anomalia ou deformidade".

3.1. INSPEÇÃO DOS ROLAMENTOS

Em uma inspeção, foi constatada a diferença de temperatura de 69ºC entre os rolamentos, o rodeiro foi retirado de circulação para uma inspeção detalhada de seus componentes. O rolamento do lado direito, de numeração 510993, e o rolamento do lado esquerdo, de numeração 508289, foram desmontados e inspecionados a fim de encontrar a possível causa do alarme. Os rolamentos foram inspecionados ainda com os seus respectivos adaptadores (Figura 3a e 3b), a fim de verificar algum ruído ou travamento anormal no conjunto. Os adaptadores são os componentes acoplados ao truque do vagão, por isso, foi necessário um estudo destes, para garantir um bom resultado sobre a possível causa da falha.

Figura 3 - Adaptadores montados: a) Rolamento lado direito; b) Rolamento lado esquerdo.



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

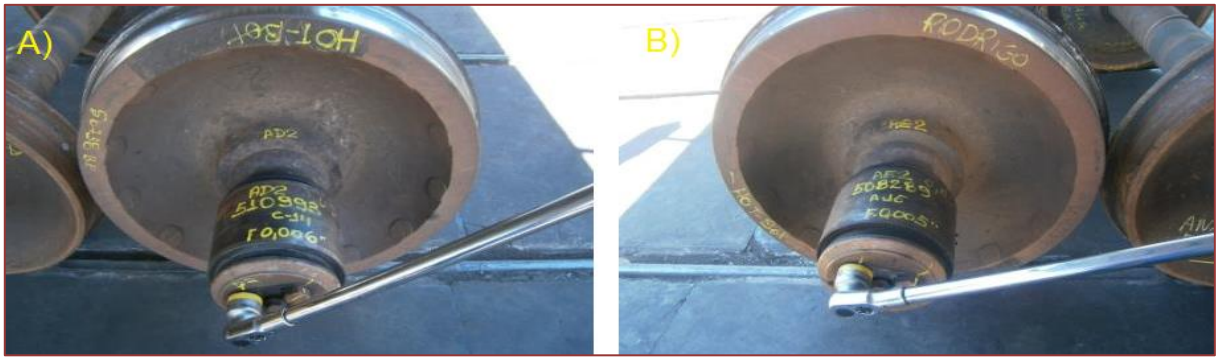
Durante a inspeção foi verificado a folga axial dos rolamentos, que é um item essencial na liberação dos rodeiros nas oficinas de torneamento de rodas, sendo que todos os rodeiros passam pelo processo de medição antes da liberação final. A medição é realizada antes da abertura da tampa, utilizando um relógio comparador acoplado a uma base magnética, de forma que a mesma é fixada na capa do rolamento. Os valores de referência da verificação da folga axial é de 0,025mm (0,001'') a 0,381mm (0,015") e é utilizada como parâmetro para todos os tipos de rolamentos e rodeiros. Durante o

processo de medição da folga axial não foi constatado nenhum desvio em ambos os rolamentos. O rolamento 510993, do lado direito, teve uma folga encontrada de 0,152mm (0,006'') e apresentava giro livre sem nenhum travamento. O rolamento 508289, do lado esquerdo, teve uma folga encontrada de 0,127mm (0,005'') e apresentava giro livre sem nenhum travamento. Ambos os rolamentos apresentaram resultados dentro dos valores de referência.

Em sequência, foi feito a verificação do giro dos rolamentos montado na manga, sendo que este é um procedimento utilizado nas oficinas de torneamento de rodas que visa verificar as condições da capa dos retentores e se o rolamento apresenta giro livre sem nenhum travamento, evitando a liberação de rodeiros com rolamentos contendo qualquer tipo de avaria. A verificação foi realizada com o objetivo de identificar ruído, vibrações, giro pesado, trincas ou quebras na capa, pontos de amassado e vazamentos de graxa; e nenhuma anomalia foi encontrada.

Posteriormente foi realizada a verificação dos torques dos parafusos, aplicado com um torquímetro de estalo durante o processo de fechamento das tampas dos rodeiros para garantir um aperto preciso. Cada tipo de rodeiro necessita de um torque diferente. No caso deste estudo, o valor de torque para os rolamentos 7x12 polegadas é de 490 lbf.ft. A verificação do torque nos parafusos (Figura 4a e 4b) foi realizada para garantir que todos os parafusos estivessem torqueados no valor correto.

Figura 4 - Momento de verificação de torque dos parafusos: a) Rolamento 510993; b) Rolamento 508289.

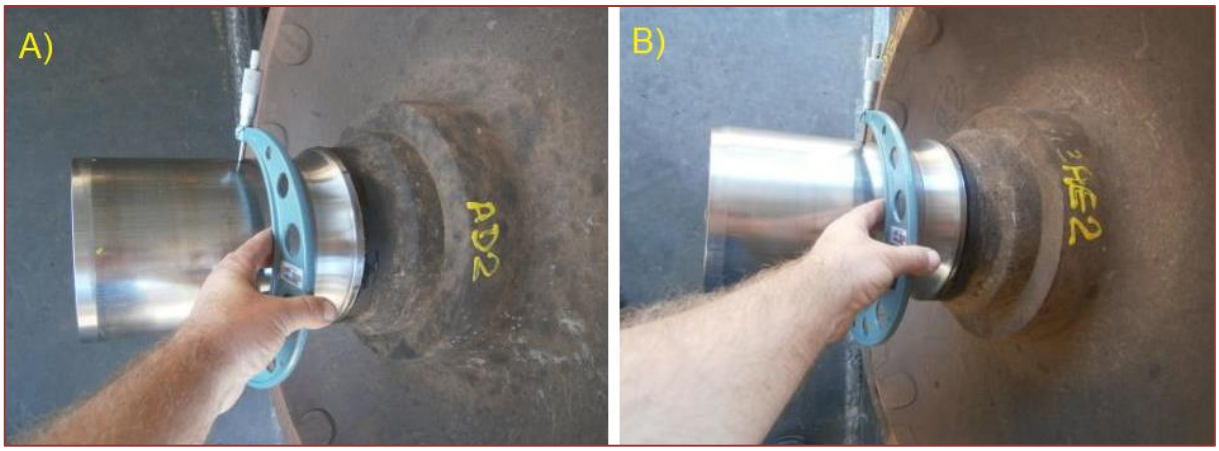


Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Após a verificação foi constatado que todos os parafusos estavam torqueados com o valor correto e não foi encontrado nenhum desvio. As travas dos parafusos estavam fechadas prendendo o parafuso da maneira correta, conforme descrito no procedimento da empresa.

Foi realizada a inspeção e dimensional das mangas de eixo (Figura 5a e 5b) com objetivo de inspecioná-las e verificar se houve presença de oxidação, marcas de pancadas e determinar o dimensional da manga de eixo.

Figura 5 - Verificação do dimensional da manga: a) Lado direito; b) Lado esquerdo

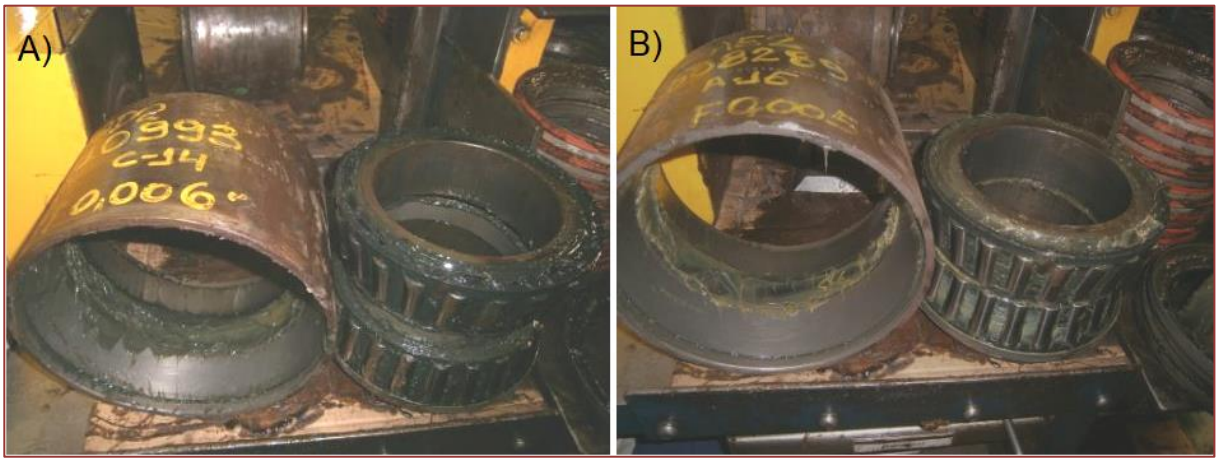


Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Os valores de referência da dimensão da manga do rodeiro de 7x12 polegadas foram: 177,88mm a 177,90mm, e foi verificado que os valores estavam dentro da referência para cada tipo de rodeiro. Utilizando um micrômetro, as mangas foram inspecionadas em nove pontos, sendo divididos em três posições a 120°.

Sendo assim, os rolamentos 510993 e 508289 foram desmontados para inspeção e uma avaliação da condição da lubrificação interna, as Figuras 6a e 6b mostram os rolamentos desmontados.

Figura 6 – Desmontagem e Inspeção: a) Rolamento 510993; b) Rolamento 508289.



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Na desmontagem foi constatado visualmente que os cones estavam lubrificados, a graxa apresentava aspecto bem preservado e com consistência homogênea e não foi visualizada contaminação e nem sinais de aquecimento.

Com a desmontagem, os componentes dos rolamentos (capa, cone, pista, roletes e dimensional) foram inspecionados separadamente, com o objetivo de verificar as condições desses. Cada um dos componentes é considerado crítico, podendo afetar a funcionalidade do rolamento. Na inspeção não foi encontrado nenhum desvio ou sinal de

aquecimento ou mudança de coloração em nenhum dos componentes. Além disso, os retentores, que têm a função de reter a graxa no interior do rolamento e impedir que impurezas entrem em contato com a graxa e os componentes internos do rolamento, foram inspecionados e os mesmos apresentaram estar preservados, não apresentando nenhum desvio, falha ou defeito que possa comprometer sua funcionalidade e eficiência. A Figura 7 mostra os retentores dos rolamentos 510993 e 508289 após a inspeção.

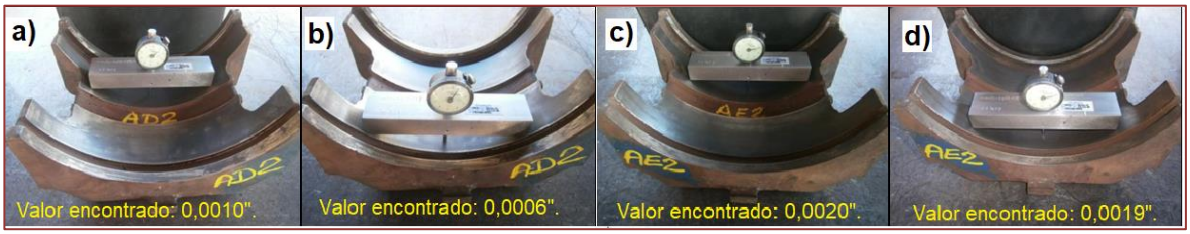
Figura 7 - Retentores após a inspeção: a) Rolamento 510993; b) Rolamento 508289.

Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Por fim, foi realizada uma inspeção nos diâmetros dos adaptadores dos rolamentos utilizando relógio comparador. Foram verificados os diâmetros das pistas e o desgaste no ombro de impulso. O método de verificação utilizado foi o recomendado pelo padrão AAR (Manual de Normas e Práticas Recomendadas).

A inspeção consiste em verificar os diâmetros das pistas internas do adaptador. Essas pistas são as partes internas dos adaptadores que mantem contato com a capa do rolamento durante a operação. Segundo o padrão AAR (2014), os valores de referência são de 0 a 0,0025 polegadas. As Figuras 8a, 8b, 8c e 8d mostram o local verificado e o valor de desgaste encontrado no diâmetro interno nas pistas 1 e 2 dos adaptadores do lado direito e esquerdo. Não foi encontrado nenhum desvio nos adaptadores, os valores dos diâmetros das pistas estavam dentro das tolerâncias recomendadas.

Figura 8 - Inspeção do adaptador lado direito: a) Pista 1; b) Pista 2; Inspeção do adaptador lado esquerdo: c) Pista 1; d) Pista 2.



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

3.2. DISCUSSÃO E RESULTADOS

Após todas as verificações, foram montadas planilhas com os resultados encontrados das medições no eixo, rodas e rolamentos. A análise dos resultados foi fundamental para garantir que os componentes estivessem qualificados e dentro do padrão recomendado. A Tabela 2 apresenta dados referentes ao eixo inspecionado, contendo o número do serial do rodeiro, a data de fabricação e o tipo de manga.

Tabela 2 - Dados referentes à inspeção de eixo.

Inspeção de Eixo						
Nº de Série	152822- 7166		**Tipo de Manga**	G	**Data Fabricação.**	jun/14
Diâmetro Manga A (mm)	1°	177,890	**Diâmetro Manga B (mm)**	1°	177,880	3 medidas dispostas a 120° ao longo do diâmetro
	2°	177,890		2°	177,880	
	3°	177,890		3°	177,880	
Tolerância (mm) : R: 131,82-131,84 / S: 144,54-144,56 / T e Z : 157,24-157,26 AAR(157,2641) / G: 177,88 a 177,90						
Modos de Falha Manga A	Nada constatado					
Modos de Falha Manga B	Nada constatado					

Fonte: Dados da pesquisa (2021)

A manga foi considerada como uma das possíveis causas da falha, assim, as medições dos nove pontos do seu eixo garantiram que o item estava com as medidas dentro da tolerância, estando em perfeitas condições de utilização. A não conformidade da dimensão da manga poderia resultar em um travamento do rolamento, causando aquecimento do mesmo.

A Tabela 3 apresenta dados referentes às rodas, número de série, classe, data de fabricação e vida útil.

Tabela 3 – Dados referentes à inspeção de rodas.

Inspeção de Rodas								
Roda A	**Nº de Série**	D 4391	**Vida**	1ª	**Classe**	CD 38	**Fabricação**	jun/14
Modos de Falha Roda A	Nada constatado							
Roda B	**Nº de Série**	D 5381	**Vida**	1ª	**Classe**	CD 38	**Fabricação**	jul/14
Modos de Falha Roda B	Nada constatado							

Fonte: Dados da pesquisa (2021)

A inspeção de rodas ocorreu para garantir que o componente não tenha sido afetado durante a possível falha. Posteriormente, a análise do rodeiro foi encaminhada para o centro de torneamento de rodeiros, para um reperfilamento da roda.

A Tabela 4 apresenta valores encontrados durante a inspeção dos rolamentos, junto à data de fabricação e o fabricante de cada um.

Tabela 4 - Dados referentes à inspeção preliminar dos rolamentos.

Inspeção Preliminar dos Rolamentos						
Rolamento A	**Nº de Série**	510993	**Tipo Ret.**	STD	**Data Fabricação**	mar/14
Folga lateral (In.)	0,006"	***Tolerância : 0.001" a 0.015" ou 0,025mm a 0,38mm***				
Modo de Falhas Rolamento A	Nada constatado					
Tipo de Mancal	Cartucho		**Fabricante**		BRENCO	
Rolamento B	**Nº de Série**	508289	**Tipo Ret.**	STD	**Data Fabricação**	jan/15
Folga lateral (In.)	0,005"	***Tolerância : 0.001" a 0.015" ou 0,025mm a 0,38mm***				
Modo de Falhas Rolamento B	Nada constatado					
Tipo de Mancal	Cartucho		**Fabricante**		BRENCO	

Fonte: Dados da pesquisa (2021)

A medição da folga axial visou garantir que o rolamento apresentasse valores dentro dos parâmetros padronizados. Uma não conformidade nesta etapa poderia indicar que o rolamento não foi aplicado na manga do eixo com o valor de pressão ideal para cada tipo de rolamento, podendo causar um travamento do conjunto, o que geraria um alto risco de acidente ferroviário. No caso estudado, os valores encontrados estavam dentro da tolerância, garantindo que não foi a causa da falha no componente.

Como provável causa raiz, nada foi constatado. Considerando a pesquisa realizada, ficou constatada a necessidade do desenvolvimento de estudos relacionados ao equipamento utilizado para a captação de dados dos rolamentos referente à falha por Hot Box, pois todos os valores encontrados no estudo estavam dentro dos padrões de tolerância e os componentes internos não apresentaram falhas e nenhuma não conformidade que indicasse uma possível falha momentânea do equipamento. Após os resultados obtidos na pesquisa, os rolamentos foram remontados e disponibilizados para serviço.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo avaliou um rolamento alarmado por Hot Box a 69ºC, apresentando uma visão geral dos equipamentos utilizados para a identificação de falhas em rodas e rolamentos ferroviários, o método de análise e os componentes ferroviários.

Foram realizadas análises e inspeções das condições das rodas, dos rolamentos e do eixo para avaliar a possível causa da falha. Na avaliação do eixo não se verificou nenhuma falha no dimensional das mangas.

Na inspeção, os rolamentos foram desmontados e todos os componentes foram analisados e inspecionados. Não foi encontrada nenhuma não conformidade, não foi visualizada nenhuma mudança de coloração nos componentes internos característicos de superaquecimento em serviço.

Em relação as rodas, adaptadores, eixo e rolamentos não foi constatado nenhuma falha ou defeitos. Nenhuma não conformidade encontrada na inspeção do conjunto. Não foi constatada pressão interna hidrodinâmica e nenhuma evidência de pressão interna.

Não sendo encontrada nenhuma não conformidade, foi indicada uma possível falha momentânea do equipamento Hot Box. Após os resultados obtidos na pesquisa, os rolamentos foram remontados e disponibilizados para serviço.

REFERÊNCIAS

[1] AAR - ASSOCIATION OF AMERICAN RAILROAD. M-942: Manual of Standards and Recommended Practices Roller Bearing - Section H. Washington, 2014

[2] ANTF – Associação Nacional dos transportadores Ferroviários, "Informações gerais sobre transporte ferroviário", 2021. Disponível em https://www.antf.org.br/informacoes-gerais/. Acesso em: 12. Jun. 2021.

[3] ANTF – Associação Nacional dos transportadores Ferroviários, "Tecnologias para Segurança Operacional", 2012. Disponível em: https://www.antf.org.br/wp-content/uploads/2017/01/mrs-ze_geraldo-tecnologias_para_segurana_operacional-mrsx.pdf. Acesso em: 11. Nov. 2021.

[4] DNIT – Departamento Nacional de infra-estrutura e transporte, "Histórico das ferrovias brasileiras", 2009. Disponível em https://www.gov.br/dnit/pt-br/ferrovias/modal-ferroviario. Acesso em: 12. Jun. 2021.

[5] DNIT – Departamento Nacional de infra-estrutura e transporte, "Glossário de termos ferroviários", 2015. Disponível em https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/glossariotermosferroviarios.pdf. Acesso em: 14 Jun. 2021.

[6] EVARISTO, Lucas. Material Rodante, 2018. Disponível em https://www.brasilferroviario.com.br/material-rodante/. Acesso em: 03. Jul. 2021.

[7] Guiadotrc - Guia do transportador rodoviário de cargas. Principais tipos de vagão de trem. São Paulo, 2000. Disponível em http://www.guiadotrc.com.br/infra/vagoes.asp. Acesso em: 12. Jun. 2021.

[8] JÖNSSON, S.; LUKKA, K. There and back again: doing interventionist search in Management Accounting. In: CHAPMAN, C.S.; HOPWOOD, A.G.; SHIELDS, M.D. Handbook of Management Accounting Research. vol. 1, p. 373-397, 2007.

[9] KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção: Função Estratégica – 3. ed. - Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 9 p.

[10] LUZ, Wiler. Alta tecnologia a serviço da segurança ferroviária. 2016. Disponível em: https://www.mrs.com.br/post-blog-mrs/alta-tecnologia-a-servico-da-seguranca-ferroviaria/. Acesso em 26. Jun. 2021.

[11] MRS Logística 2020. Hot Wheel e Hot Box. Disponível em https://www.mrs.com.br/post-blog-inovacao/hot-wheel-e-hot-box/. Acesso em: 26. Jun. 2021.

[12] PORTO, T.G., Apostila PTR 2501 – Ferrovias, USP / Engenharia de Transportes, 2004.

[13] RIBEIRO, P. C. C., Ferreira, K. A., "Logística e Transportes: uma discussão sobre os modais de transporte e o panorama brasileiro". 2002.

[14] Timken. Aplicações ferroviárias Timken – Inovação nos trilhos. 2012.

[15] TIMKEN 2019. Disponível em https://www.timken.com/pt-br/markets/ferroviario/. Acesso em: 04. Set. 2021.

CAPÍTULO

09

Planejamento e Controle da Manutenção – Um estudo de caso para reduzir o número de manuitenções corretiva em uma frota de veículos

Maxwell Ramalho de Souza, Jussara Fernandes leite, Luciano José Vieira Franco, Edilberto da Silva Souza, Nilo Antunes Ferreira

1. INTRODUÇÃO

Quando o homem começou a manusear instrumentos e desenvolver máquinas para a produção de bens de consumo, surgiu a necessidade de manter os equipamentos. Desta forma, a manutenção passou a ocorrer a partir do momento em que uma nova demanda é gerada.

Nesse sentido, Moreira Neto (2017) esclarece que com a evolução da indústria e sua mecanização, surgiu devido à necessidade dos primeiros reparos em máquinas e equipamentos. Com a implantação da produção em série, instituída por Ford, as fábricas passaram a estabelecer programas mínimos de produção e, em consequência, sentiu-se a necessidade de formar uma equipe capaz de consertar máquinas-ferramenta no menor tempo possível. Assim surgiu a manutenção corretiva.

Após um longo período, notou-se que a manutenção corretiva somente não era suficiente para manter a eficiência dos processos produtivos, pois havia necessidade de máquinas funcionando com mais confiabilidade e tornando a produção mais ágil. Assim, para melhorar os processos, surgiu a manutenção preventiva.

Sobre a manutenção preventiva, Moreira Neto (2017) informa que após a década de 1950, mudanças tremendas ocorreram nas indústrias de aviação comercial e eletrônica por meio de medidas preventivas. Essas foram baseadas em dados estatísticos (tempo ou horas de trabalho). A alta administração decidiu então selecionar uma equipe de especialistas para formar uma agência de consultoria chamada "Engenharia de Manutenção" para realizar as tarefas de planejamento e controle da manutenção preventiva e análise das causas e efeitos dos danos.

Em sequência, com a globalização dos computadores, começou a desenvolver padrões de manutenção baseados em condições mais complexos, que são combinados com sistemas automatizados de planejamento e controle para reduzir os serviços burocráticos dos executores de manutenção.

Com o surgimento do Planejamento e Controle da Manutenção a indústria modificou sua forma de pensar em manutenção. O que antes era apenas quando surgia uma falha, hoje é planejada, estruturada, visando a prevenção e o menor uso possível da manutenção corretiva.

As empresas por diversos motivos não realizam integralmente seu PCM e desta forma do não cumprimento dos padrões estabelecidos fazem com que seus veículos e ou equipamentos não atinjam as metas pré estabelecidas vindo a gerar paradas não

programadas. Dentro do contexto apresentado, a pesquisa tem como objetivo identificar as principais causas das paradas não programadas da frota de veículos utilizados para transporte de funcionarios de uma mineradora e apresentar medidas para eliminá-las.

2. NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO

Segundo Viana (2006), com o advento da Revolução Industrial no final do século XVIII, a sociedade humana começou a se agigantar, no tocante a sua capacidade de produzir bens de consumo. Nesse contexto, Engeman (2022) explica que a manutenção surgiu com a necessidade de reparos durante a Revolução Industrial, onde no primeiro momento era utilizada a manutenção apenas para corrigir algum defeito ou falha.

O conceito de Manunteção Corretiva, conforme as Normas Brasileira Regulamentaras (NBR) 5462, elaborado pela Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT, 1994), apresenta a Manutenção Corretiva como a Manutenção efetuada e é feita após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

Em continuidade, Martins (2019) acrescenta que a manutenção preventiva surgiu quando se observou que apenas corrigir os defeitos (manutenção corretiva) não era suficiente, devido aos atrasos na produção, menor faturamento, dentre outros efeitos negativos na produção.

A NBR 5462 (ABNT, 1994) define que a manutenção preventiva é tida pela manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, sendo destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. Essa manutenção é uma combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

2.1. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO

A qualidade e produtividade passaram a ser as bases fundamentais para a competitividade da empresa. Nesse cenário, segundo Custódio (2017), a manutenção dos equipamentos nas indutrias sempre foi uma preocupação e, passou a ser uma questão estratégica, ligada à sobrevivência da empresa.

Para melhor entendimento, Engeman (2022) explica que a manutenção é o conjunto de ações e/ou atividades que visam preservar e garantir o bom funcionamento de alguma máquina ou ferramenta. E um bom planejamento e controle da manutenção pode gerar redução de custos, economia de tempo, maior segurança ao operador, dentre outros. Todos esses benefícios promovem a sobrevivência das empresas em um mercado cada vez mais competitivo..

Dado que o produto manufaturado é fruto de um processo complexo, indispensável refletir sobre o planejamento e controle da manutenção como uma melhoria na qualidade da produção. De fato deve buscar reduzir o uso de manutenção corretiva, que acarreta no atraso de entrega dos produtos, altos custos, podem em alguns casos afetar a qualidade do produto.

De acordo com Xenos (1998), o plano de manutenção consiste em um conjunto de ações preventivas e de datas para sua execução. Teles (2017) complementa as ideias

apresentadas pro Xenos (1998) ao ressaltar que o planejamento de manutenção nada mais é do que medidas preventivas tomadas visando a diminuição de paradas durante a produção. O PCM (Planejamento e Controle da Manutenção) é a prática que ajuda a alcançar um gerenciamento de manutenção mais confiável por meio da aplicação correta de técnicas de manutenção. Isso inclui analisar o estado atual dos ativos e projetar estratégias para procedimentos de manutenção, bem como avaliar custos e reduzir o impacto na produção, reduzindo o tempo de inatividade falhas e problemas na produção. (TELES, 2017)

Teles (2017) enfatiza que o gerenciamento das manutenções com a utlização do planejamento e controle da manutenção traz vários benefícios, incluindo a otimização do tempo, melhoria da produtividade, melhoria da estratégia e disponibilidade de equipamentos. Um de seus objetivos é a parada programada e reduzir o desperdício. O PCM, traz também como benefícios a ampliação dos horizontes da empresa, fato que auxilia na tomada de decisões. Portanto, o consumo excessivo e o desperdício de recursos podem ser reduzidos.

Na mesma abordagem, segundo Viana (2006), o Planejamento e Controle da Manutenção é um órgão de stafe, ou seja, de suporte a manutenção, pois o PCM é ligado diretamente à gerência de departamento.

3. O ESTUDO DE CASO

Esta pesquisa é um estudo de caso, que ocorreu em uma empresa que atua no ramo de logística, fornecendo transporte para funcionários de mineradoras de minério de ferro, da região do Alto Paraopeba em Minas Gerais. O estudo ocorreu em uma garagem onde as atividades do setor de manutenção são realizadas na frota de veículos: inspeções, manutenções preventivas, testes, análises e correções de danos. A frota de veículos da empresa é composta por ônibus, micro ônibus e *off road* (veículos fora de estrada). A pesquisa ocorreu no período de dezembro de 2021 a julho de 2022.

Este estudo apresentou as características da manutenção e o plano de manutenção utilizado pela empresa. Nesse processo ocorreu análise e não conformidades foram identificadas para a proposta de melhoria para o desenvolvimento das manutenções. Os dados foram coletados por meio de observação e documentos da empresa. Os documentos utilizados foram o plano de manutenção, relatórios gerenciais que registram o acompanhamento, monitoramento e controle das manutenções realizadas pelo setor de manutenção. A partir dos dados, foi realizada a análise, a fim de identificar as não conformidades e propor melhorias no planejamento e controle das manutenções da frota de veículos. Neste contexto, a seguir apresenta-se o desenvolvimento do estudo.

3.1. A EMPRESA E SETOR DO ESTUDO

As grandes mineradoras estão localizadas em áreas distantes das cidades onde seus colaboradores residem. Desta forma, há a necessidade do deslocamento dos funcionários da região onde residem até a empresa para trabalharem.

A empresa em estudo pertence a um grupo e atua no ramo de logística, realizando o transporte de pessoas, isto é, fornecendo transporte para o deslocamento dos funcionários da região onde residem até a mineradora, que neste caso é uma das maiores mineradoras do país e do mundo. A organização é localizada na cidade de Conselheiro

Lafaiete Minas Gerais. Em sua garagem, são realizadas as atividades do setor de manutenção da frota de veículos. As atividades de manutenção são inspeções, testes, análises, manutenções preventivas, manutenções corretivas, etc.

Como dito anteriormente, o objetivo da manutenção da frota é a eliminação de problemas que possam causar falhas e vir a afetar o funcionamento correto dos veículos. Desta forma, visa garantir a confiabilidade operacional da frota e evitar reclamações dos clientes.

3.2. PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO

A empresa conta com um planejamento para auxilio no controle de manutenção. Esse serve para acompanhamento das manutenções realizadas em cada veículo, além de peças instaladas, consulta de peças, consulta dos dados de cada veículo, revisões a serem realizadas, preventivas e corretivas.

Mensalmente, todos os veículos comparecem ao menos uma vez na garagem para realizar manutenção preventiva e revisões necessárias, seguindo um calendário criado para melhor organização e controle de toda frota. Com auxílio desse planejamento de controle de manutenções é possível evitar possíveis falhas dos veículos, pois é possível observar o histórico de um determinado veículo, logo é possível analisar os problemas que ocorreram. Como exemplo, um veículo que foi observado as lonas de freio durante a realização da última manutenção preventiva, e foi constado que ela estava em boas condições de uso, porém seria necessário à sua troca na próxima preventiva. Sendo assim, é marcado no sistema a verificação que ocorreu e pode ser anotado em um campo de observações o que deve ser observado na próxima manutenção preventiva.

Algumas manutenções exigem atenção dos Técnicos Mecânicos que as fazem . Como exemplo, a próxima troca de óleo de um veículo deve ocorrer com 42.000 Km, e no dia de realização da preventiva é conferido o hodômetro do veículo e consta 40.000 Km. Desta forma, cabe ao Técnico Mecânico ponderar a média de rodagem mensal para evitar que o veículo passe da quilometragem de troca de óleo.

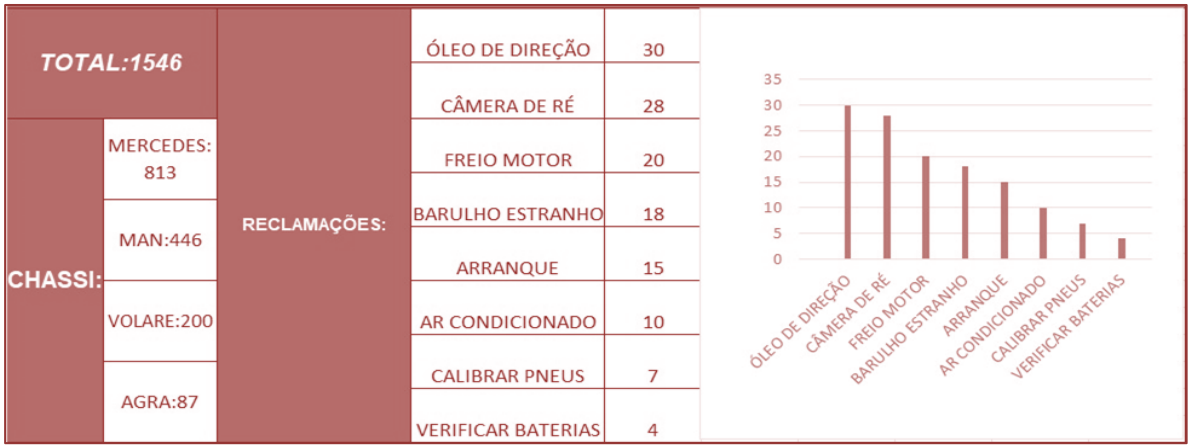
3.2.1. VOLUME DE MANUTENÇÕES

Em média, são geradas cerca de 1.500 solicitações de reparo por mês na frota da empresa. Ao analisar os dados do mês de junho de 2022, foram destacadas os seguir itens:

- Tipo e modelo de carroceria que possui maiores número de reclamações;
- Número de frota do veículo que possui maiores reclamações;
- Motorista que mais realizou solicitações de reparo;
- Ano do veículo;
- Tipo do chassi;
- Parte do veículo que apresenta maiores problemas;

No mês de junho de 2022, ocorreram 1546 manutenções na frota da empresa. Características sobre os reparos realizados nas manutenções podem ser observadas na Figura 1.

Figura 1 – Características dos reparos realizados nas manutenção no mês de junho de 2022.



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Por meio da Figura 1, pode ser observar que óleo de direção e câmera de ré foram os dois maiores fatores de solicitação de reparos na frota de veículos no mês de junho de 2022. Verifica-se também que os veículos da marca mercedes foram os que tiveram o maior número de manutenções no período, 813 manutenções.

O alto número de solicitação de reparos, manutenções corretivas do mês de junho, 1546, na frota é um problema que eleva os custos operacionais, não garante a confiabilidade dos veículos e gera reclamações dos clientes. Importante destacar que além das manutenções corretivas, os técnicos mecânicos realizam as manutenções preventivas na frota.

As manutenção preventivas são realizadas a fim de evitar falhas, isto é dimunir o número de manutenções corretivas, como também não ocasionar parada de um veículo. No entanto, na pesquisa foi observado que sempre ocorrem defeitos nos veículos da frota, levando-os a parar para a realização de consertos (manutenções corretivas), mesmo eles tendo passado por manutenções preventivas. Desta forma, foi identificado que mesmo realizando as manutenções preventivas propostas no planejamento e controle de manutenção da empresa, os veículos da frota quebram. Esse problema leva a empresa ter prejuízo financeiro devido ao custo elevado que as manutenções corretivas proporcinam.

Como exemplo, foi identificado na pesquisa um ônibus que ficou fora de operação por 45 dias devido não ter sido efetuada a troca do óleo de caixa em uma manutenção preventiva. Essa informação foi obtida ao analisar a lista de itens que foram verificados na manutenção preventiva. Fato é que não constava a troca de óleo da caixa nos histórico de manutenção preventiva do veículo, logo o Técnico Mecânico responsável pela troca de óleo não a efetuou. Devido a isso, aproximadamente 4 dias após a realização da preventiva, o ônibus apresentou superaquecimento e consequentemente a caixa veio a apresentar problemas, levando-o a ficar fora de operação. Outro fato agravante, é que ao ônibus ser levado a garagem da empresa para realizar a manutenção corretiva, não havia em estoque peças de substituição para o conserto, o que ocasionou sua parada por mais de um mês.

A seguir no Quadro 1, é apresentada a programação de veículos que passaram pela manutenção preventiva no mês de junho de 2022.

Quadro 1 – Programação de Veículos para Inspeção - Manutenção Preventiva

MÊS DE REFERENCIA:	JUNHO		FROTA MOBILIZADA:	60
PROGRAMADO	54		IDADE MÉDIA DA FROTA :	4,9 ANOS
			OFF ROAD:	6
SEG FEIRA	TERÇA FEIRA	QUARTA FEIRA	QUINTA FEIRA	SEXTA FEIRA
		1	2	3
		121401	141301	141409
		522116	821906	522119
		212149	212150	212109
SEG FEIRA	TERÇA FEIRA	QUARTA FEIRA	QUINTA FEIRA	SEXTA FEIRA
6	7	8	9	10
322146	121402	322162	141419	141429
821401	322103	141426	621801	322140
STRADA				
212110	212147	212148	212149	212150
SEG FEIRA	TERÇA FEIRA	QUARTA FEIRA	QUINTA FEIRA	SEXTA FEIRA
13	14	15	16	17
322145	222001	522117	322102	322142
322144	322101	141435	121901	322165
UNO				
212109	212110	212147	212148	212149
SEG FEIRA	TERÇA FEIRA	QUARTA FEIRA	QUINTA FEIRA	SEXTA FEIRA
20	21	22	23	24
322104	141418	141440	322164	322139
641301	322163	322108	821402	322141
ETIOS				
212150	212109	212110	212147	212148
SEG FEIRA	TERÇA FEIRA	QUARTA FEIRA	QUINTA FEIRA	SEXTA FEIRA
27	28	29	30	
322143	141433	121902	141431	
322161	222002	121903	641303	
PALIO			141435	
212149	212150	212109	212110	
PREPOSTO DA CONTRATADA:			PERCENTUAL POR TIPO DE CHASSI	
ASSINATURA:			ÔNIBUS	35/ 69%
			MICRO	10/ 20%
DATA:			OFF ROAD	6/ 11%
RESPONSAVEL CARROCERIA	RESPONSAVEL ELETRICA	MECÂNICA		
			ATENÇÃO - ANTES DE REALIZAR O SERVIÇO DE MANUTENÇÃO EM CADA VEÍCULO, CADA COLABORADOR DEVERÁ VERIFICAR AS CONDIÇÕES DE LIMPEZA DOS CHASSIS CONFORME PREVISTO A LAVAGEM ANTES DE INICIAR A REALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS PREVENTIVOS	

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

A manutenção preventiva da empresa é efetuada por dia. É programado dois a três veículos para efetuar manutenção preventiva diariamente.

3.2.2. SISTEMA DE MANUTENÇÃO

O sistema de manutenções utlizado pela empresa possui uma interface muito prática para utilização. Cada usuário possui um login e senha para acesso, e a primeira tela a ser exibida no sistema é o menu principal, onde pode ser encontrado os últimos acessos que o usuário realizou. Essa tela inicial do sistema pode ser observada conforme Figura 2.

Figura 2 - Tela inicial do sistema.

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Na Figura 2, pode-se observar no canto superior direito uma lupa, local onde pode ser realizada pesquisas dentro do sistema. Em sequência, a Figura 3 apresenta a aba de pesquisa aberta.

Figura 3 - Aba pesquisar.

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Ao clicar em “Solicitação de reparo”, abre uma janela como apresentada na Figura 4.

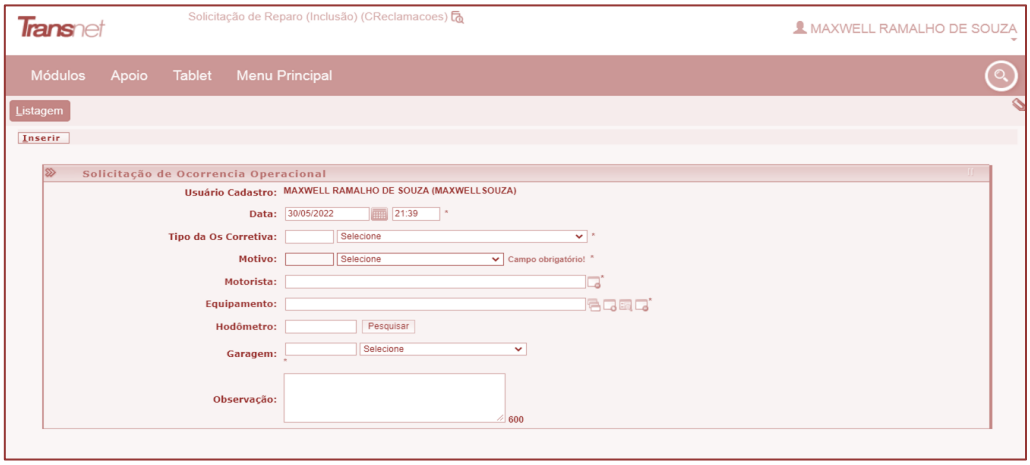
Figura 4 - Solicitação de reparo.

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Na Figura 4, pode ser observada como é realizada a solicitação de um reparo pelo motorista. O motorista deve preencher o nome do solicitante, o equipamento, a empresa, período (que se refere a vigência do equipamento) e a situação. O código é gerado pelo sistema automaticamente.

O detalhamento do defeito é informado pelo solicitante, conforme tela apresenta na Figura 5.

Figura 5 - Preenchimento de solicitação de reparo

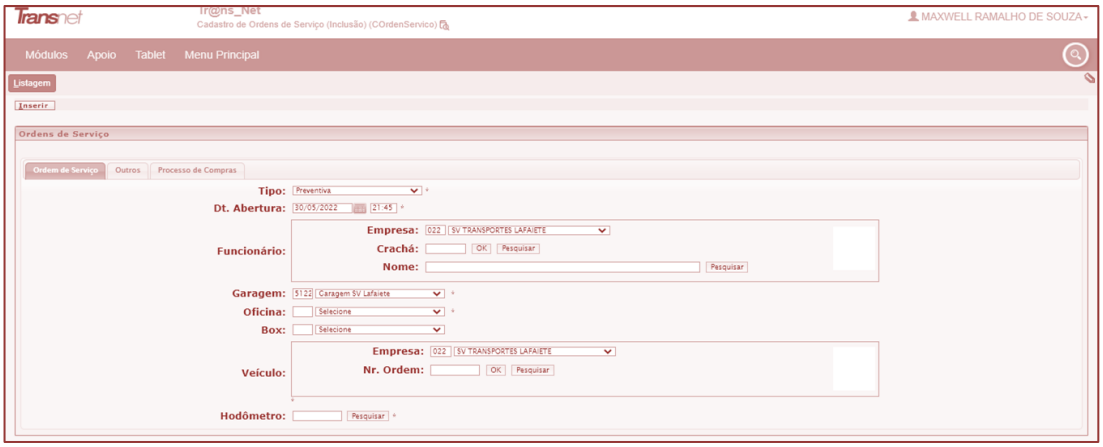


Fonte: Dados da pesquisa (2022)

No campo “equipamento”, da Figura 5, é inserido o número de frota do veículo e no campo “observação” o problema, que deve ser detalhado.

No menu principal, o campo “Ordem de serviço” é o local onde pode ser consultadas as manutenções preventivas do veículo, como também pode ser inseridas novas preventivas. A Figura 6 ilustra a tela de ordem de serviço.

Figura 6 - Inserir Preventiva.



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

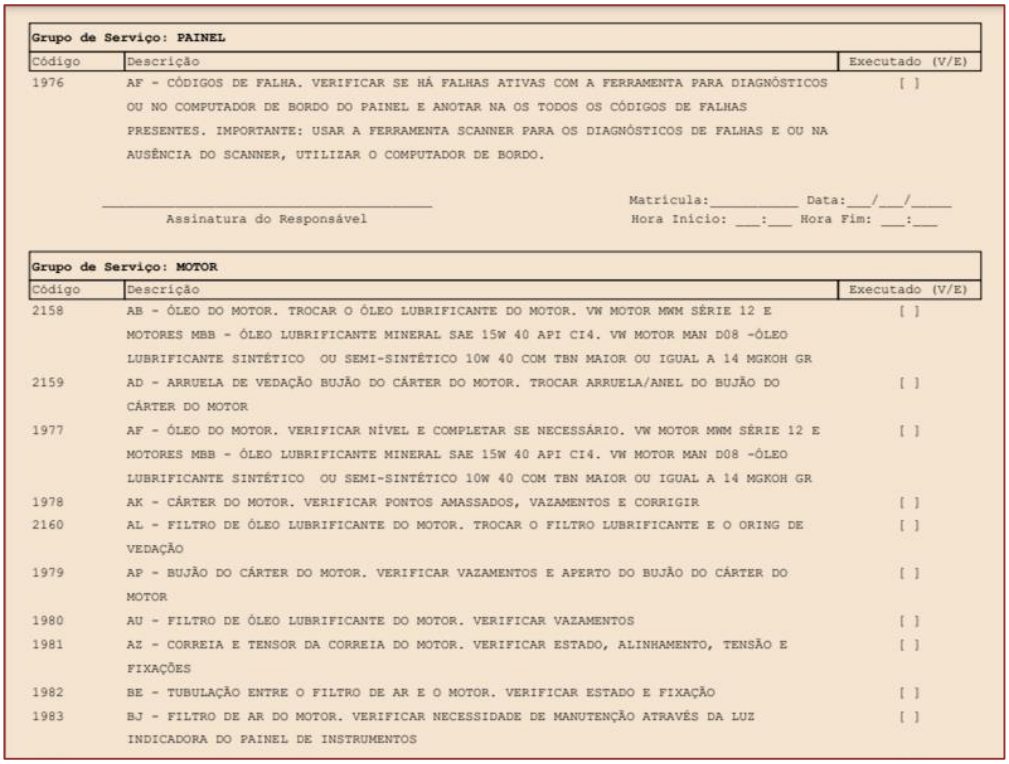
Apesar de ser uma inserção automática, o sistema permite realizar alterações, incrementar e precipitar manutenções preventivas. Cabe ao responsável pela inserção de dados avaliar dentro das opções fornecidas o que é plausivel a cada veículo.

3.2.3. PLANO DE MANUTENÇÃO

Após inseridas informações no sistema, o plano de manutenção é gerado e impresso. O relatório impresso é entregue ao responsável pela realização de cada serviço nos veículos. São separadas manutenções parte elétrica, mecânica, borracharia, carroceria e limpeza.

Para melhor entendimento, as Figura 7, 8, 9 ilustram parte de um plano de manutenção.

Figura 7 - Plano de manutenção I



Grupo de Serviço: PAINEL

Código	Descrição	Executado (V/E)
1976	AF - CÓDIGOS DE FALHA. VERIFICAR SE HÁ FALHAS ATIVAS COM A FERRAMENTA PARA DIAGNÓSTICOS OU NO COMPUTADOR DE BORDO DO PAINEL E ANOTAR NA OS TODOS OS CÓDIGOS DE FALHAS PRESENTES. IMPORTANTE: USAR A FERRAMENTA SCANNER PARA OS DIAGNÓSTICOS DE FALHAS E OU NA AUSÊNCIA DO SCANNER, UTILIZAR O COMPUTADOR DE BORDO.	[ ]

_____ Assinatura do Responsável

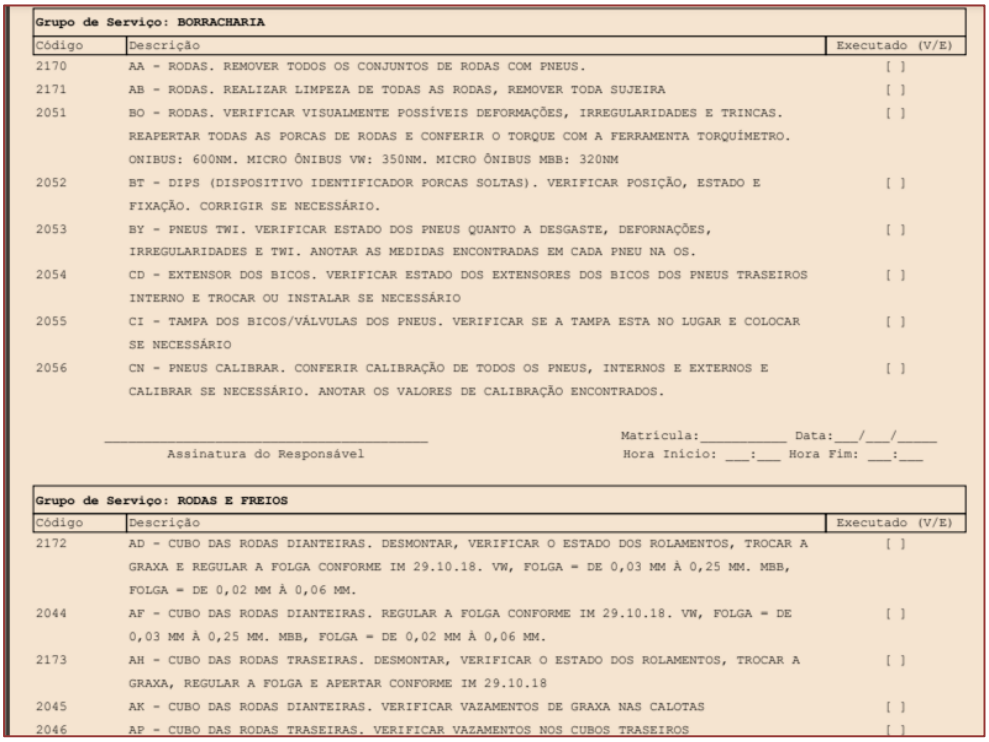
Matrícula:_____ Data:___/___/_____
Hora Início: ___:___ Hora Fim: ___:___

Grupo de Serviço: MOTOR

Código	Descrição	Executado (V/E)
2158	AB - ÓLEO DO MOTOR. TROCAR O ÓLEO LUBRIFICANTE DO MOTOR. VW MOTOR MWM SÉRIE 12 E MOTORES MBB - ÓLEO LUBRIFICANTE MINERAL SAE 15W 40 API CI4. VW MOTOR MAN D08 -ÓLEO LUBRIFICANTE SINTÉTICO OU SEMI-SINTÉTICO 10W 40 COM TBN MAIOR OU IGUAL A 14 MGKOH GR	[ ]
2159	AD - ARRUELA DE VEDAÇÃO BUJÃO DO CÁRTER DO MOTOR. TROCAR ARRUELA/ANEL DO BUJÃO DO CÁRTER DO MOTOR	[ ]
1977	AF - ÓLEO DO MOTOR. VERIFICAR NÍVEL E COMPLETAR SE NECESSÁRIO. VW MOTOR MWM SÉRIE 12 E MOTORES MBB - ÓLEO LUBRIFICANTE MINERAL SAE 15W 40 API CI4. VW MOTOR MAN D08 -ÓLEO LUBRIFICANTE SINTÉTICO OU SEMI-SINTÉTICO 10W 40 COM TBN MAIOR OU IGUAL A 14 MGKOH GR	[ ]
1978	AK - CÁRTER DO MOTOR. VERIFICAR PONTOS AMASSADOS, VAZAMENTOS E CORRIGIR	[ ]
2160	AL - FILTRO DE ÓLEO LUBRIFICANTE DO MOTOR. TROCAR O FILTRO LUBRIFICANTE E O ORING DE VEDAÇÃO	[ ]
1979	AP - BUJÃO DO CÁRTER DO MOTOR. VERIFICAR VAZAMENTOS E APERTO DO BUJÃO DO CÁRTER DO MOTOR	[ ]
1980	AU - FILTRO DE ÓLEO LUBRIFICANTE DO MOTOR. VERIFICAR VAZAMENTOS	[ ]
1981	AZ - CORREIA E TENSOR DA CORREIA DO MOTOR. VERIFICAR ESTADO, ALINHAMENTO, TENSÃO E FIXAÇÕES	[ ]
1982	BE - TUBULAÇÃO ENTRE O FILTRO DE AR E O MOTOR. VERIFICAR ESTADO E FIXAÇÃO	[ ]
1983	BJ - FILTRO DE AR DO MOTOR. VERIFICAR NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO ATRAVÉS DA LUZ INDICADORA DO PAINEL DE INSTRUMENTOS	[ ]

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Figura 8 - Plano de manutenção II



Grupo de Serviço: BORRACHARIA

Código	Descrição	Executado (V/E)
2170	AA - RODAS. REMOVER TODOS OS CONJUNTOS DE RODAS COM PNEUS.	[ ]
2171	AB - RODAS. REALIZAR LIMPEZA DE TODAS AS RODAS, REMOVER TODA SUJEIRA	[ ]
2051	BO - RODAS. VERIFICAR VISUALMENTE POSSÍVEIS DEFORMAÇÕES, IRREGULARIDADES E TRINCAS. REAPERTAR TODAS AS PORCAS DE RODAS E CONFERIR O TORQUE COM A FERRAMENTA TORQUÍMETRO. ONIBUS: 600NM. MICRO ÔNIBUS VW: 350NM. MICRO ÔNIBUS MBB: 320NM	[ ]
2052	BT - DIPS (DISPOSITIVO IDENTIFICADOR PORCAS SOLTAS). VERIFICAR POSIÇÃO, ESTADO E FIXAÇÃO. CORRIGIR SE NECESSÁRIO.	[ ]
2053	BY - PNEUS TWI. VERIFICAR ESTADO DOS PNEUS QUANTO A DESGASTE, DEFORNAÇÕES, IRREGULARIDADES E TWI. ANOTAR AS MEDIDAS ENCONTRADAS EM CADA PNEU NA OS.	[ ]
2054	CD - EXTENSOR DOS BICOS. VERIFICAR ESTADO DOS EXTENSORES DOS BICOS DOS PNEUS TRASEIROS INTERNO E TROCAR OU INSTALAR SE NECESSÁRIO	[ ]
2055	CI - TAMPA DOS BICOS/VÁLVULAS DOS PNEUS. VERIFICAR SE A TAMPA ESTA NO LUGAR E COLOCAR SE NECESSÁRIO	[ ]
2056	CN - PNEUS CALIBRAR. CONFERIR CALIBRAÇÃO DE TODOS OS PNEUS, INTERNOS E EXTERNOS E CALIBRAR SE NECESSÁRIO. ANOTAR OS VALORES DE CALIBRAÇÃO ENCONTRADOS.	[ ]

_____ Assinatura do Responsável

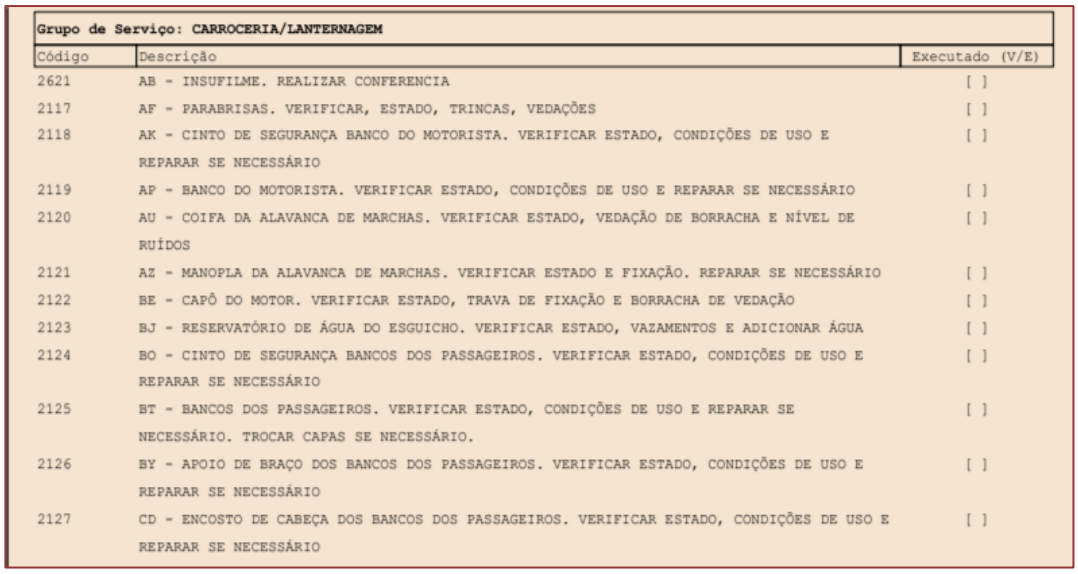
Matrícula:_____ Data:___/___/_____
Hora Início: ___:___ Hora Fim: ___:___

Grupo de Serviço: RODAS E FREIOS

Código	Descrição	Executado (V/E)
2172	AD - CUBO DAS RODAS DIANTEIRAS. DESMONTAR, VERIFICAR O ESTADO DOS ROLAMENTOS, TROCAR A GRAXA E REGULAR A FOLGA CONFORME IM 29.10.18. VW, FOLGA = DE 0,03 MM À 0,25 MM. MBB, FOLGA = DE 0,02 MM À 0,06 MM.	[ ]
2044	AF - CUBO DAS RODAS DIANTEIRAS. REGULAR A FOLGA CONFORME IM 29.10.18. VW, FOLGA = DE 0,03 MM À 0,25 MM. MBB, FOLGA = DE 0,02 MM À 0,06 MM.	[ ]
2173	AH - CUBO DAS RODAS TRASEIRAS. DESMONTAR, VERIFICAR O ESTADO DOS ROLAMENTOS, TROCAR A GRAXA, REGULAR A FOLGA E APERTAR CONFORME IM 29.10.18	[ ]
2045	AK - CUBO DAS RODAS DIANTEIRAS. VERIFICAR VAZAMENTOS DE GRAXA NAS CALOTAS	[ ]
2046	AP - CUBO DAS RODAS TRASEIRAS. VERIFICAR VAZAMENTOS NOS CUBOS TRASEIROS	[ ]

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Figura 9 - Plano de manutenção III



Grupo de Serviço: CARROCERIA/LANTERNAGEM

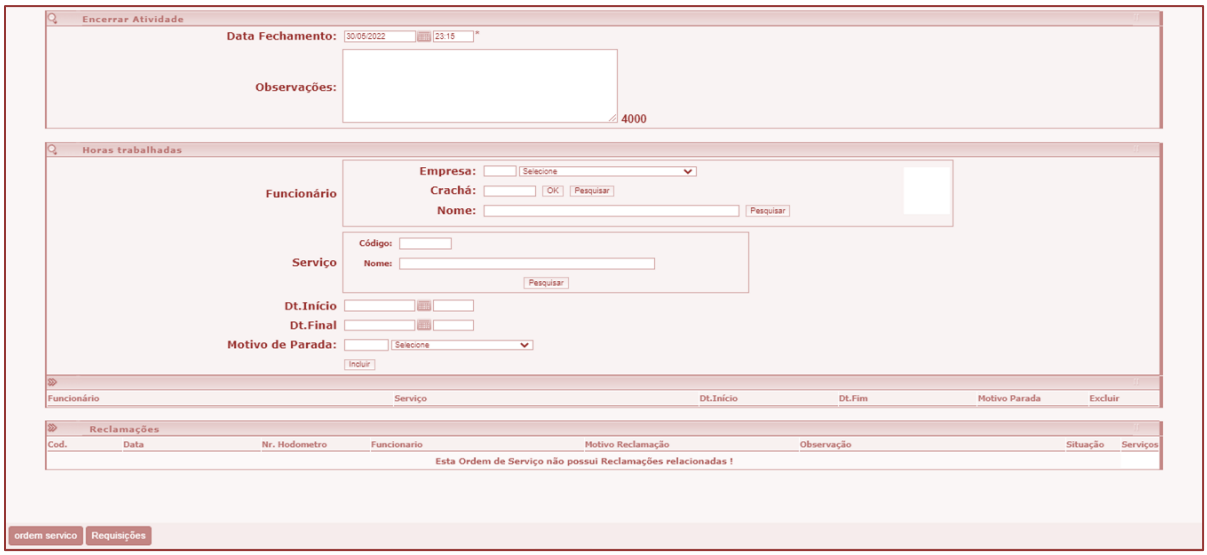
Código	Descrição	Executado (V/E)
2621	AB - INSUFILME. REALIZAR CONFERENCIA	[ ]
2117	AF - PARABRISAS. VERIFICAR, ESTADO, TRINCAS, VEDAÇÕES	[ ]
2118	AK - CINTO DE SEGURANÇA BANCO DO MOTORISTA. VERIFICAR ESTADO, CONDIÇÕES DE USO E REPARAR SE NECESSÁRIO	[ ]
2119	AP - BANCO DO MOTORISTA. VERIFICAR ESTADO, CONDIÇÕES DE USO E REPARAR SE NECESSÁRIO	[ ]
2120	AU - COIFA DA ALAVANCA DE MARCHAS. VERIFICAR ESTADO, VEDAÇÃO DE BORRACHA E NÍVEL DE RUÍDOS	[ ]
2121	AZ - MANOPLA DA ALAVANCA DE MARCHAS. VERIFICAR ESTADO E FIXAÇÃO. REPARAR SE NECESSÁRIO	[ ]
2122	BE - CAPÔ DO MOTOR. VERIFICAR ESTADO, TRAVA DE FIXAÇÃO E BORRACHA DE VEDAÇÃO	[ ]
2123	BJ - RESERVATÓRIO DE ÁGUA DO ESGUICHO. VERIFICAR ESTADO, VAZAMENTOS E ADICIONAR ÁGUA	[ ]
2124	BO - CINTO DE SEGURANÇA BANCOS DOS PASSAGEIROS. VERIFICAR ESTADO, CONDIÇÕES DE USO E REPARAR SE NECESSÁRIO	[ ]
2125	BT - BANCOS DOS PASSAGEIROS. VERIFICAR ESTADO, CONDIÇÕES DE USO E REPARAR SE NECESSÁRIO. TROCAR CAPAS SE NECESSÁRIO.	[ ]
2126	BY - APOIO DE BRAÇO DOS BANCOS DOS PASSAGEIROS. VERIFICAR ESTADO, CONDIÇÕES DE USO E REPARAR SE NECESSÁRIO	[ ]
2127	CD - ENCOSTO DE CABEÇA DOS BANCOS DOS PASSAGEIROS. VERIFICAR ESTADO, CONDIÇÕES DE USO E REPARAR SE NECESSÁRIO	[ ]

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

As manutenções são realizadas conforme o plano e controle das manutenção e após a sua efetivação, o Técnico Mecânico responsável pela mantuenção preventiva preenche o que foi realizado nos veículos. Caso ele tenha apenas verificado, deve preencher com um “V”, ou caso o serviço citado tenha sido feito assinala-se “E”.

Após o preenchimento, a ordem de serviço é entregue ao responsável pelo lançamento das informações no sistema para realizar o encerramento da preventiva do veículo. A Figura 10 ilustra a tela de encerramento de uma manutenção preventiva.

Figura 10 - Encerramento de preventiva



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

3.3. NÃO CONFORMIDADES ENCONTRADAS NO PROCESSO

Ao realizar consultas no sistema e emitir a folha de planejamento e controle de manutenção preventiva, foi identificada no documento a falta de itens que devem ser vistoriados nos veículos ao realizarem as manutenção preventivas. Esses itens são: troca de óleo do diferencial; revisão de válvulas; revisão do alternador; revisão do motor de arranque; troca do filtro secador; óleo de direção; e filtro do óleo motor. Importante destacar que a falta vistoria nesses itens na manutenção preventiva gera manutenções corretivas nos veículos.

Nesse mesmo contexto, foi identificado na pesquisa que o Técnicos Mecânicos realizam as manutenções preventivas, conforme o plano e controle de manutenção da empresa. Assim, vários partes e componentes dos veículos não passavam por manutenção preventiva.

3.4. PROPOSTA DE MELHORIAS

Conforme identificado na pesquisa, observa-se a necessidade de acrescimento de itens no plano e controle de manutenção preventiva para serem vistórios e trocados na frota de veículos. Assim, é sugerido que o Engenheiro Mecânico da empresa faça uma analise dos itens de vistória das manutenões preventiva e, consequentemente, adequação do plano e controle de manutenção preventiva do sistema. Isso para garantir a confiabilidade dos veículos, aumentar a vida últil das peças e componentes, reduzir custo e satifazer as necessidades dos clientes.

Além dos itens de vistoria das manutenções preventiva, é sugerido o acréscimo no sistema de um campo para inclusão de componentes ou serviços a serem avaliados ou realizados na manutenção preventiva, que não foram contemplano no plano, porém foram identificados no momento da manutenção. Isso proporcionará uma maior flexibilidade e dinâmismo nas manutenções, o que leva a garantir uma boa manutenção preventiva.

No sistema, também é sugerido a emissão de um relatório que possa apresentar o histórico de peças trocadas na frota de veículos. Isso para facilitar a identificação dos componentes substituídos, tipo, data de substituição, características, veículo e observações.

Por fim, é sugerido a realização de treinametos com os Técnicos Mecânicos que realizam as manutenções preventiva. Isso para conscientizá-los sobre a situação que a empresa se encontra em relação aos números de manutenção corretivas, os tipos de defeitos, os custos que as manutenção geram para organização e mostrar que uma manutenção preventiva realizada adequadamente pode levar ao aumento da confiabilidade da frota de veículos, como também a satisfação dos clientes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foi apresentado o Planejamento e Controle da Manutenção Preventiva utilizado pelos Técnicos Mecânicos para realização das atividades de manutenções preventiva da frota de veículos, foi observado que apesar de dos veículos da empresa passarem por manutenção preventiva, o número de solicitações de reparo que ocasionam as manutenções corretivas é considerável. Ao realizar análise detalhada no planejamento e controle de manutenção preventiva, verificou-se que algumas informações importantes para manutenção e controle dos veículos eram incompletas, onde ao ser realizada manutenção preventiva nos veículos alguns itens não eram conferidos devido o planejamento não estar adequado.

A melhoria no planejamento e controle de manutenção preventiva pode reduzir o número, os custos com reparos da frota de veículo, juntamente como manter os veículos em perfeito funcionamento. Fato que a implementação das melhoria sugeridas possa vir a proporcionar o alcance das metas e a estabilidade da empresa no mercado

O planejamento e controle da manutenção visa maximizar a gestão da manutenção, a qualidade do serviço e a disponibilidade de máquinas e equipamentos. A maximização se dá na redução de custos, horas paradas e maior rentabilidade de produção, analisando e controlando possíveis falhas que possam levar a atrasos durante a produção.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: confiabilidade e mantenabilidade: terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

[2] CUSTÓDIO, J. L. Qualidade Total e Isso 9000. February 6, 2017. Disponível em: https://silo.tips/download/qualidade-total-e-iso-9000. Acesso em: 15/06/2022.

[3] ENGEMAN. Tipos de Manutenção. 2022. Disponível em: https://blog.engeman.com.br/tipos-de-manutencao/. Acesso em: 15/06/2022.

[4] MARTINS, Túlio. Evolução da Manutenção em 4 fases. 2019. Disponível em: https://tuliomartins.com.br/evolucao-da-manutencao/. Acesso em:15/06/2022.

[5] MOREIRA NETO, T. C. A História da Evolução do Sistema de Gestão de Manutenção. 2017. Disponível em: https://www.webartigos.com/artigos/a-historia-da-evolucao-do-sistema-de-gestao-de-manutencao/75650. Acesso em: 15/06/2022.

[6] TELES, J. Gestão de Custos de Manutenção-PARTE 1 ENGETELES, 01 de fevereiro de 2017. Disponível em: https://engeteles.com.br/gestao-de-custos-de-manutencao-parte1//. Acesso em: 15/06/2022.

[7] TELES, J. PCM Planejamento e Controle da Manutenção: Melhores Práticas ENGETELES, 10 de agosto de 2017. Disponível em: https://engeteles.com.br/pcm-planejamento-e-controle-da-manutencao/. Acesso em: 15/06/2022.

[8] VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM: planejamento e controle da manutenção. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

[9] XENOS, Harilaus G. P. Gerenciando a manutenção produtiva. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

[10]

Autores

Discentes & Docentes

Autores Discentes

Emerson Júnior Pimenta Nazaré

Pós-Graduação em Gestão da Manutenção Industrial e Mineração (em andamento), Bacharel em Engenharia Mecânica pela Fundação Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete e Técnico em Automação Industrial pelo Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Itabirito (IFMG). Tem experiência profissional de 3 anos na área de Manutenção de equipamentos móveis como Controlador de manutenção.

Erivelton do Carmo Santos Vasconcelos

Pós-Graduação em Gestão da Manutenção Industrial e Mineração (em andamento), Graduação em Engenharia Mecânica (em andamento), Bacharel em Engenharia de Produção pela Fundação Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete e Técnico em Manutenção Mecânica Industrial pela Escola Municipal Os Padre do Trabalho. Especialista com formação em Black Belt Six Sigma e Lean Manufacturing. Experiência em Manutenção Industrial Mecânica de empresas de grande porte (Gerdau, CSP, MCA e CSN); e experiência na área de Comissionamento de Plantas Industriais de grande porte e complexibilidade.

Felipe Augusto Rodrigues Lage e Silva

Pós-Graduação em Gestão da Manutenção Industrial e Mineração (em andamento), Bacharel em Engenharia Mecânica pela Fundação Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete e Técnico em Metalurgia pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). Tem experiência profissional no setor de manutenção de 8 anos em Empresa da área de manutenção industrial e mineração. Engenheiro de manutenção por mais de 4 anos gerenciando toda a manutenção no ramo de manutenção em terraplenagem.

Gustavo Luiz Xavier

Pós-Graduação em Gestão da Manutenção Industrial e Mineração (em andamento), Bacharel em Engenharia Mecânica pela Fundação Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete e Técnico em Manutenção Mecânica Industrial pela Unidade de Ensino Moderna (UEM). Tem experiência profissional de 16 anos na área industrial de transformação do aço, atuando nos setores de manutenção e produção.

Humbert Barbosa de Carvalho

Pós-Graduação em Gestão da Manutenção Industrial e Mineração (em andamento), Bacharel em Engenharia de Mecânica pela Fundação Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete e Técnico em Manutenção Mecânica Industrial pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). Tem experiência profissional de 2 anos na área de Montagem e Manutenção Mecânica na empresa UTC Engenharia S.A. e experiência profissional de 11 anos como Técnico de Manutenção Mecânica na empresa Gerdau Ouro Branco.

Lucas Matias Rodrigues Vasconcelos

Pós-Graduação em Gestão da Manutenção Industrial e Mineração (em andamento), Bacharel em Engenharia Mecânica pela Fundação Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete e Técnico em Manutenção Mecânica Industrial pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). Tem experiência profissional de 2 anos na área de Manutenção Mecânica e experiência profissional de 1 ano como Operador de Torno CNC Hegenscheidt.

Matheus Freire Santos

Pós-Graduação em Gestão da Manutenção Industrial e Mineração (em andamento), Bacharel em Engenharia Mecânica pela Fundação Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete. Licenciado em Física pelo IFMG e Técnico em Mecânica pelo IFMG. Técnico em mecânica com mais de 9 anos de experiência em manutenções industriais em plantas siderúrgicas. Com amplo conhecimento em planejamento, execuções, inspeções, coordenação e análises de desempenho de máquinas e equipamentos.

Maxwell Ramalho de Souza

Pós-Graduação em Gestão da Manutenção Industrial e Mineração (em andamento), Pós- Graduação em Engenharia de Automação e Robótica (em andamento), Pós- Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Bacharel em Engenharia Mecânica pela Fundação Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete, Bacharel em Administração pela Universidade Estácio de Sá, Técnico em Mecânica pelo Colégio Potência, Técnico em Informática pelo Pronatec, Curso de Aprendizagem Industrial em Automação Industrial pela Fundação CSN. Experiência em cargos de gestão e coordenação, atualmente exerce a função de Engenheiro Mecânico. Proprietário e Gerente Geral da empresa MR Consultoria e Engenharia

Sérgio Ewerton Reis Holanda

Pós-Graduação em Gestão da Manutenção Industrial e Mineração (em andamento), Bacharel em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU) de Recife-PE e Técnico em Eletromecânica pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI-Araripina). Tem experiência Profissional de 2 anos como Estagiário Universitário de Engenharia Elétrica na Usina Siderúrgica Gerdau Açonorte, experiência profissional de 1 ano e meio na área de Proteção, Controle e Supervisão em Sistemas Elétricos de Potência de 230 a 500 kV e experiência profissional de 1 ano e meio como Trainee de Engenharia na Usina Siderúrgica Gerdau Açominas, assumindo como Especialista de Manutenção em fevereiro de 2023, pela mesma empresa.

Autores Docentes

Luciano José Vieira Franco

Mestre em Educação e Sociedade pela Universidade Presidente Antônio Carlos. Graduado em Engenharia de Operação Mecânica pela Universidade Federal de São João Del-Rei, graduado em engenharia Civil pela Escola de Engenharia Kennedy. Pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela FUMEC/FUNDACENTRO, Pós-graduado em Engenharia Econômica pela Fundação Don Cabral, Pós-graduado em Higiene Ocupacional pela Faculdade de Ciências Medicas BH. Atualmente é coordenador do Curso de Pós Graduação de Gestão da Manutenção Industrial e Mineração, coordenador e professor dos cursos de Engenharia de Segurança do Trabalho e Engenharia Mecânica da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete, Coordenador e professor do curso de Engenharia de Produção da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Barão de Cocais e consultor e prestador de serviços de empresas da área de mineração, transporte e indústria.

Jussara Fernandes Leite

Mestre em Administração pela Faculdade de Pedro Leopoldo, Bacharel em Administração de Empresa pela Faculdade de Administração de Curvelo, Licenciada em Matemática pelo Centro Universitário Claretiano de Batatais e Bacharel Engenharia de Produção pela Faculdade Presidente Antônio Carlos de Barão de Cocais. Atualmente, é Coordenadora do Curso de Engenharia de Produção, Professora dos Cursos de Engenharia de Produção, Engenharia Mecânica, Direito e Administração, Professora do Curso de Pós Graduação de Gestão da Manutenção Industrial e Mineração da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete (MG) e Professora do Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Barão de Cocais. Tem experiência profissional de 12 anos em empresas da área de reflorestamento e carvão vegetal, e de mineração; e possui mais de 17 anos de experiência na área de educação.

Edilberto da Silva Souza

Mestre em Engenharia de Materiais – FECET-MG, pós-graduado em Gestão Empresarial - FGV, graduado em Engenharia Mecânica - UFSJ. Atualmente, é Especialista em Integridade Estrutural e Projetos mecânicos, Professor de Máquinas de Fluxo, Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos, Metrologia e Desenho Técnico do Curso de Engenharia Mecânica, Engenharia Civil e Engenharia de Produção da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete (MG). Tem experiência profissional de 30 anos em empresas siderúrgicas e possui mais de 17 anos de experiência na área de educação. Possui vários artigos científicos publicados em âmbito estadual e nacional nas áreas de atuação.

Heleno Alves Barbosa

Pós-graduado em Engenharia de Manutenção pela PUC Minas , graduado em Engenharia Elétrica pelo Centro de Ensino Superior de Conselheiro Lafaiete e Engenharia Industrial Mecânica pela Universidade Presidente Antônio Carlos. Atualmente é Professor da Faculdade Presidente Antônio Carlos – Campos UNIPAC Lafaiete do curso de Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção, ministra as disciplinas de Metrologia, Processo de Produção, Processo de fabricação II e III, Desenho Técnico e Geometria Descritiva e Desenho de Máquinas assistido pelo computador. Atua também como Engenheiro de Melhoria de Oficinas na Gerdau Ouro Branco, profissional habilitado (PH) que responde pelas conformidades com a NR10, NR12 e NR35, junto ao Ministério do Trabalho e Emprego, possui experiência de 22 anos na área de Usinagem Industrial, mecânica e caldeiraria.

José Dimas de Arruda

Mestre em Engenharia de Materiais pela REDEMAT; Graduado em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal de Ouro Preto; Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Ouro Preto. Atualmente é professor da Faculdade Presidente Antônio Carlos – UNIPAC – no Campus de Conselheiro Lafaiete, na graduação de Engenharia Mecânica e outras Engenharias. Leciona as disciplinas de Físicas, Tecnologia de Materiais, Mecânica Geral e Resistência dos Materiais.

José Sebastião dos Reis Silva

Mestre de Engenharia Mecânica na área de Processos de Transformação Metalmecânico, pela UFSJ, Pós-Graduado em Gestão de Negócios no Contexto Empreendedor, pela UFSJ, Graduado em Engenharia Industrial Mecânica, pela Universidade Federal de São João Del-Rei, UFS. Atualmente é Professor da Faculdade Presidente Antônio Carlos – Campos UNIPAC Lafaiete na Pós Graduação e Graduação do curso de Engenharia Mecânica e outros, ministra as disciplinas de Metrologia, Processo de Fabricação I, Manutenção Mecânica e Lubrificação, e Sistemas de Vibrações Mecânicas. Atua também como Consultor técnico de Vendas nas áreas de Vedações, Equipamentos Mecânicos e Processo de Fabricação - usinagem.

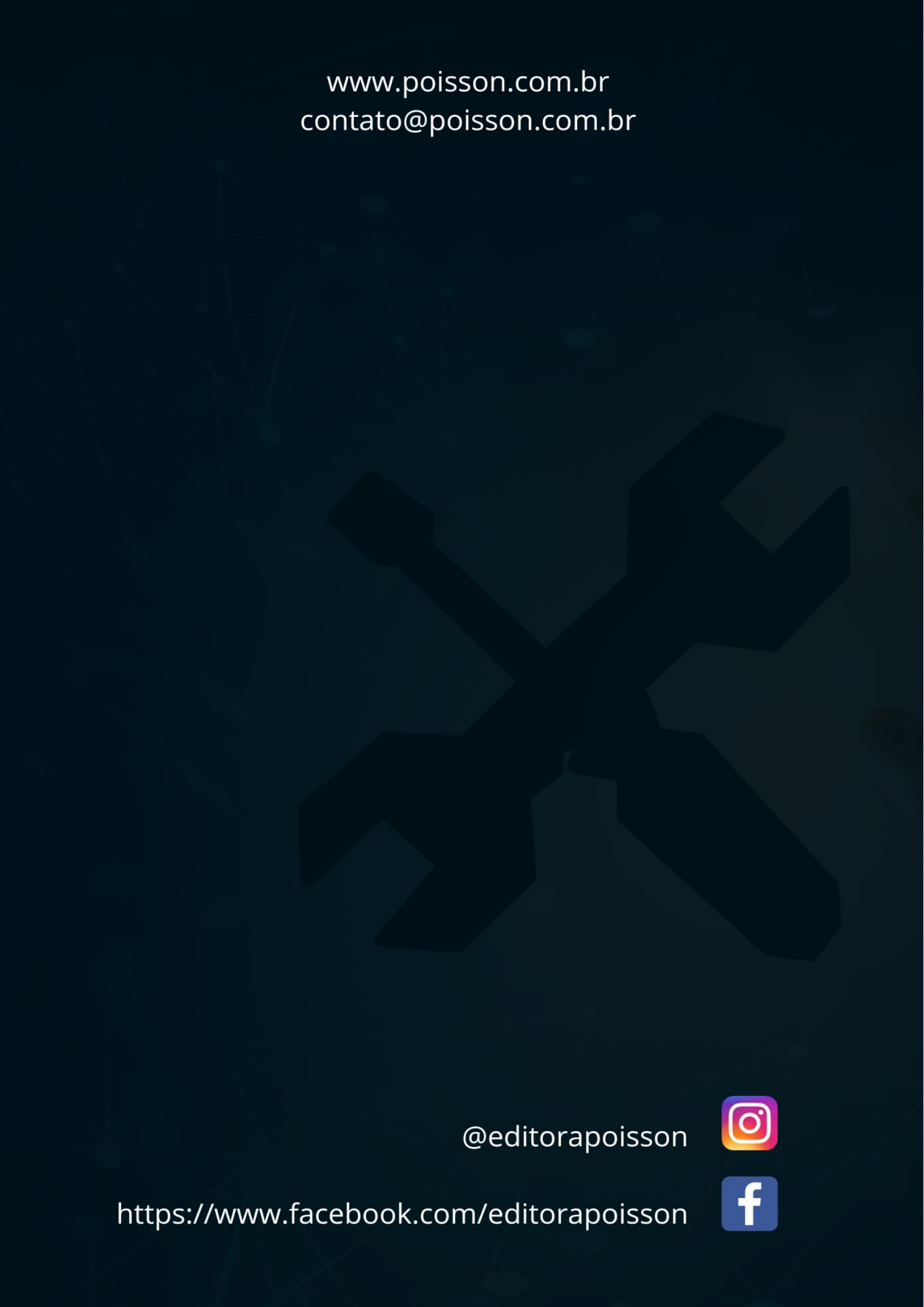
Mayara Rezende Carvalho

Mestre em Engenharia Química pela UFSJ; Graduada em Química Industrial pela Universidade Federal de Ouro Preto; Graduada em Engenharia Química pela Universidade Federal de São João del Rei; Graduada em Química Licenciatura pela Universidade Cruzeiro do Sul virtual; Pós-graduada em Direito Empresarial e Direito Público pela Faculdade Legale. Atuou como Professora substituta na Universidade Federal de São João del Rei, Campus Alto Paraopeba, pelo Departamento de Engenharia Química (2021). Atualmente é professora na Escola Técnica ESTEC, nos Cursos Técnicos de Radiologia Industrial, Mineração, Segurança do Trabalho e Análises Clinicas. Leciona as disciplinas de Física das Radiações I e II, Radioisótopos, Radiologia Industrial e Inglês Instrumental.

Nilo Antunes Ferreira

Possui graduação em Engenharia Industrial Mecânica pela Universidade Federal de São João Del-Rei. MBA em Gestão Empresarial. (Carga Horária: 340h), na Fundação Getúlio Vargas, FGV, Brasil. Treinamento na Nippon-Kokan Kabushiki Kaisha (NKK atual "JFE Steel Corporation"), realizado no Japão, com carga horária de 80 horas. Professor desde 2010, do Curso de Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção e Engenharia de Minas da Faculdade Presidente Antônio Carlos (Fenômeno de Transporte, Mecânica dos Fluidos, Transferência de Calor, Máquinas Térmicas " Geração de Vapor (Caldeiras) e Sistema de Refrigeração), Fenômenos de Transporte e Hidráulica/Hidrologia). Trabalhou Gerdau Usina Ouro Branco (Antiga Açominas de 28/01/1985 a 04/08/2017 como Assessor Técnico. Tem experiência na área de Operação e Manutenção de Processo de Coogeração de Energia Elétrica (Ciclo de Rankine), Engenharia de Projeto e Manutenção Mecânica Industrial, com ênfase referente transporte fluido, resfriamento industrial, Balanço Energético de Siderurgia Integrada. Foi pofissional habilitado (PH) da Gerdau Usina Ouro Branco que responde pelas Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações em conformidade com a NR-13, junto ao Ministério do Trabalho e Emprego.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br



@editorapoisson

https://www.facebook.com/editorapoisson